



# Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi

Cilt: 10 Sayı : 3 Yıl : 2023



**Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences**

**Volume:10 Issue:3 Year:2023**

**ISSN 2148-3647**

Araştırma Makaleleri

1. Tarımsal İlaçlamada Kullanılmak Üzere GPS Destekli Oransal Kontrolcü Biriminin Geliştirilmesi

Nazır Can ALADAĞ Ali TAŞKIRAN Güven AKGÜL Bekir YALÇIN

Sayfa : 481-490

2. Kök Kısıtlamanın Yenidünya (*Eriobotrya japonica* Lindl.) Ağaçlarında Vejetatif Büyüme ile Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri

Atila Aytekin POLAT

Sayfa : 491-499

3. Gıda Gruplarına Göre Gıda Atık Esnekliği; Konya Örneği

Zeki BAYRAMOĞLU Seda SUBAŞI

Sayfa : 500-509

4. Effect of Berry Heterogeneity in Organic and Conventional Vineyards on Grape Berry Characteristics

İlknur KORKUTAL Elman BAHAR Müge UZUN

Sayfa : 510-519

5. Biyokömürün Çilek Yapraklarında Besin Element İçerikleri Üzerine Etkileri

Gülşah Selcen KESKİNASLAN Mehmet Ali SARİDAS Sevgi PAYDAŞ

Sayfa : 520-528

6. Yem Besin Maddelerinin In Vitro Gaz Üretim Parametreleri Arasındaki İlişki

Kadir ERTEN Levend COSKUNTUNA Fisun KOC

Sayfa : 529-540

7. Türk Entomopatojen Nematodların, *Steinernema feltiae* ve *Steinernema carpocapsae* (*Rhabditida: Steinernematidae*) Pirinç Biti *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) Üzerinde Patojenisitesi

Alperen Kaan BÜTÜNER Alper SUSURLUK

Sayfa : 541-547

8. *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. Karayosununun Antimikrobiyal, Antibiyofilm ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması

Güray UYAR Neslihan DEMİR Nurcihan HACIOĞLU

Sayfa : 548-555

9. Türkiye'nin Maraş İlinden Toplanan *Trigonella mesopotamica* Hub.-Mor. Türünün Farklı Kısımları Üzerine Araştırmalar: Antimikrobiyal ve Antibiyofilm Aktiviteleri

Şerife Selma URAS GÜNGÖR Zehra ÖKSÜZ

Sayfa : 556-562

10. A Calorimetric Investigation of the Effects of Acipimox on DPPC Model Membranes

Nazlı EZER ÖZER İpek ŞAHİN

Sayfa : 563-570

11. Soğuk İklim Kenti Erzurum'da Arboretum Oluşturulması Üzerine Örnek Bir Uygulama

Mehmet Akif IRMAK Cihad BİLGE

Sayfa : 571-582

12. Hasat Sonrası Uygulanan Bazı Uçucu Yağların Elmalarda *Botrytis cinerea* ve Meyve Besin İçeriğine Etkisi

Sinem KARAKUŞ

Sayfa : 583-590

13. Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidinde Kademeli Taç Yönetimi Uygulamalarının Omca Mikroklimasına Etkilerinin Belirlenmesi

Esra ŞAHİN Alper DARDENİZ Harun ÇOBAN Çağlar KAYA

Sayfa : 591-597

14. Ülkemiz Tütün Üretim Alanlarında *Cucumber mosaic virus* (CMV) Enfeksiyonunun Belirlenmesi ve Türk CMV izolatlarının Popülasyon Yapısı

Ali KARANFİL Filiz RANDA ZELYÜT Savaş KORKMAZ

Sayfa : 598-604

15. Ranking Çanakale Districts in terms of Rangeland Quality with Multi-Criteria Decision Making Methods

Zeynep GÖKKUŞ Sevil ŞENTÜRK Fırat ALATÜRK

Sayfa : 605-614

16. Yoncanın Kurutulmasında Farklı Kurutma Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi

Serkan KARPUZCU Mahmut KAPLAN Necati ÇETİN

Sayfa : 615-621

17. Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Bazı Kalite Özellikleri Yönünden Trakya Bölgesine Adaptasyonunun İncelenmesi

Levent GÜLHAN Mevlüt AKÇURA İrfan ÖZTÜRK

Sayfa : 622-630

18. Bakteriyel Hemogloblin Eksprese Eden İmmobilize *Escherichia coli* Suşunun Malt Özütünden Biyoetanol Elde Etmede Kullanımının Araştırılması

Gamze ŞEKER Meltem YESİLCİMEN AKBAS

Sayfa : 631-639

19. Farklı Hayvan Gübreleri ve Mısır Silajından Biyogaz Üretmek İçin Optimum Şartların Belirlenmesi: Box-Behnken Tasarımı ve Mekanizması

Nurlan AKHMETOV İrfan AR

Sayfa : 640-649

20. Örtüaltı Çilek Üretiminde Zararlı Böcek Türleri ve Popülasyon Değişimleri

Nurdan TOPAKCI

Sayfa : 650-659

21. Diyarbakır İli Tavukçuluk İşletmelerinde Oluşan Kümes Atıklarının Değerlendirmesi

Betül KOLAY

Sayfa : 660-669

22. Azot ve Bor Uygulamalarının Şeker Pancarında Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Bedriye BİLİR Kadir SALTALI

Sayfa : 670-680

23. Türkiye’de Uygulanan Tarımsal Su Kullanım Hizmet Bedeli Algoritmaları ve Tarifelerinin Değerlendirilmesi

Murat TEKİNER

Sayfa : 681-691

24. Ankara İli Tarım İşletmelerinde Mekanizasyon Durumu ve İlaçlama Makinelerinin Teknik Özellikleri

Bahar SEYFİOĞLU Mehmet Fırat BARAN Ali BOLAT

Sayfa : 692-705

25. COVID-19 ve Fonksiyonel Gıda Tüketim Durumları: Adana İli Örneği

Emine İKİKAT TÜMER Ceren KOŞAR

Sayfa : 706-714

26. Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Toplanmış Apılarnilin İz Element (Ağır Metal) İçeriğinin Belirlenmesi

Mehmet İLKAYA Hakan İNCİ

Sayfa : 715-725

27. Effects of Grafting Some Watermelon Lines on Different Rootstocks on Leaf Nutrient Contents under Greenhouse Conditions

Veysel ARAS

Sayfa : 726-738

28. Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova Koşullarında Verim ve Verim Unsurları Bakımından Değerlendirilmesi

Yusuf DOĞAN Medya YÜCEDAĞ Serap DOĞAN

Sayfa : 739-749

## Tarımsal İlaçlamada Kullanılmak Üzere GPS Destekli Oransal Kontrolcü Biriminin Geliştirilmesi

Güven AKGÜL<sup>1\*</sup>, Nazır Can ALADAĞ<sup>1</sup>, Ali TAŞKIRAN<sup>1</sup>, Bekir YALÇIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Önallar Tarım Makineleri AŞ. Tasarım Merkezi, Konya, Türkiye.

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar: [guven@onallar.com.tr](mailto:guven@onallar.com.tr)

Geliş Tarihi: 05.12.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 18.04.2023 Kabul Tarihi: 24.04.2023

### ÖZ

Tarımsal ilaçlamada otomasyon, hem arazi ve bitki verimliliği açısından hem de girdilerin azaltılması bakımından giderek önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, tarım ilacı normuna uygun dozajda ilaçlamanın yapılabilmesi için oransal kontrol biriminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, ilaçlama ve hidrolik sistemi kontrolü ve gerçek zamanlı hıza bağlı tarım ilacı akış miktarının kontrolü ele alınarak oransal kontrol birimi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem; ana hatlarıyla motorlu valfler, debimetre, basınç sensörü, insan makina arayüzü (HMI) ekranı ve elektronik kontrol biriminden (ECU) oluşmaktadır. Sistemdeki yüksek basınçlı ilaç akış miktarının, traktör ilerleme hızına ve kuyruk mili (PTO) devrine göre istenilen düzeyde tutulabilmesi için Hassas Oransal İntegral Türevsel Kontrol (PID) yöntemi kullanılmıştır. Sistemde ilaçlama yapılacak alanın kayıt altına alınabilmesi için integral uygulamaları kullanılarak algoritmalar geliştirilmiştir. Ayrıca, sistemde Küresel Konumlama Sisteminin (GPS) ölçümlerinin doğruluğunu arttırmak amacıyla da Genişletilmiş Kalman Filtre (EKF) algoritmaları geliştirilmiştir. Tüm bu algoritmaların oluşturduğu prototip oransal kontrolcünün performans testlerinde ilaçlama hatası maksimum %–2.32 kabul edilebilir düzeyde elde edilmiş ve geliştirilen kontrolcü birimin ülkemiz ilaçlama makina sektöründe uygulanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** PID kontrol, ilaçlama makinası, GPS, oransal pestisit ilaçlama, akış kontrol.

## Development of GPS Aided Proportional Controller Unit Used in Agricultural Spraying

### ABSTRACT

Automation in agricultural spraying has increasingly become important in terms of both land and plant production and also decreasing of cost. In this study, it is aim to develop a proportional control unit that will be able to spray in accordance with the pesticide norm. In this context, proportional controller was developed by taking into account controlling of spraying and its hydraulic system and pesticide flow amount depending on real time speed. The developed system basically consists of motorized valves, flowmeter, pressure sensor, human machine interface (HMI) and electronic control unit (ECU). Sensitive Proportional Integral Derivative Control (PID) was developed to keep the desired level of high pressured pesticide flow amount in the spraying system according to feed rate of tractor and its shaft spindle (PTO). Algorithms were developed using integral applications to record of area to be sprayed. Besides, in order to increase the accuracy of measurements made with global position system (GPS), extended layer filtering (EKF) algorithms were created. –2.32 % acceptable spraying maximum error was obtained in performance tests of the developed prototype proportional controller unit for pesticide spraying. It is also concluded that the developed controller unit can be applied in spraying machine sector.

**Key words:** PID Control, Spraying Machine, GPS, Proportional Pesticide Spraying, Flow Control.

## GİRİŞ

Artan dünya nüfusuna bağlı olarak, tarım arazilerinden elde edilen ürün miktarı ve kalitesinin artırılmasına yönelik teknolojik uygulamaların önemli hale geldiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, tarımsal alanlarda görülen zararlı, hastalık ve yabancı otlar ile mücadelede tarım ilacının direkt bu hedeflere uygulanması yaygınlaşmaktadır. Tarım ürünlerinin yaklaşık üçte birinin ilaçlama uygulamasına bağlı olarak üretilebileceği ve ilaçlama yapılmaması durumunda da meyve üretiminde %78, sebze üretiminde %54 ve tahıl üretiminde %32 kayıp meydana geleceği bildirilmektedir (Tudi vd., 2021). Bu nedenle tarım ilaçları, dünya genelinde hastalıkları azaltmada ve ürün kayıplarını azaltmada kritik rol oynamaktadır. Zararlılar ile mücadele konusunda tarım ilacı ve sıvı gübre kullanımının Bütünleşik Haşere Yönetimi (BHY) kapsamında bilinçli olarak yapılması gerekmektedir. Tiryaki vd. (2010), doğru kullanılmayan ilacın tarımsal ürünlerde kalıntılara yol açarak insan ve doğa sağlığı üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu vurgulamaktadır. Tarım ilaçları geliştirilen ilaçlama makineleriyle; öncelikle bitki ve zararlı üzerine ve doğrudan yabancı otlar yüzeyine uygulanmaktadır. Altıkat vd. (2009), ilaçlama uygulaması sonrasında toprağa nüfuz eden tarım ilacının kalıcı olması ve toprağın organik yapısının değişmesi gibi önemli verimsizlik problemlerine neden olduğunu rapor etmektedir.

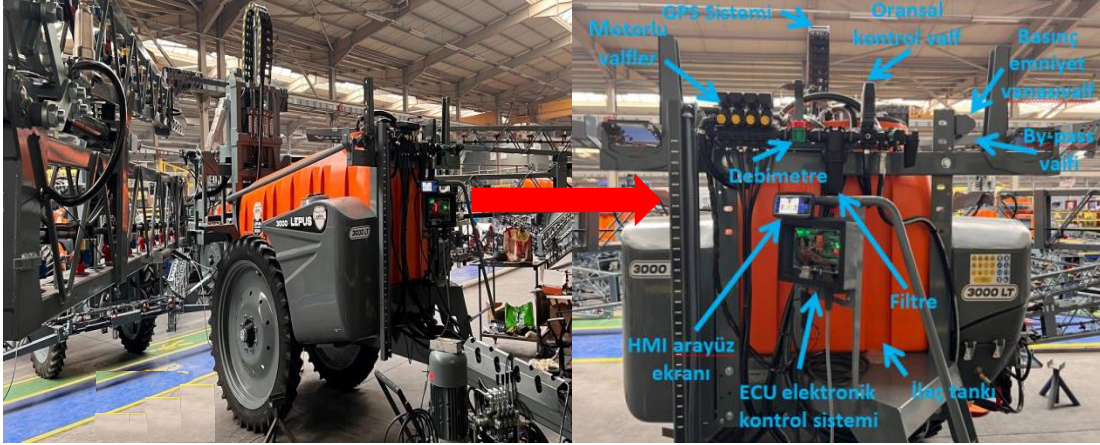
Gelişmekte olan ülkelerde, tarladaki gübreleme ve ilaçlamanın halen geleneksel yöntemlerden biri olan el ile gerçekleştirilmektedir. Rao ve Rao (2019)' da araştırmasında, kontrolsüz kullanılan tarım ilacı kimyasalları sebebiyle birçok sağlık problemine neden olan durumların ortaya çıktığını vurgulamaktadır. Geleneksel yöntemler ile yapılan ilaçlama işleminde arazi ve toprak şartları, traktörün ilerleme hızı veya operatör kaynaklı etkenler, yetersiz ya da gereğinden fazla ilaç uygulanmasına yol açmaktadır. Bu durum ilaçlama maliyetlerinin artmasına, su kaynaklarının kirlenmesine ve verimli toprağın zarar görmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra; tarım ilacı normuna uygun olmayan ilaçlamanın bitkiyi zararlılardan koruyamadığı ve fazla miktarda uygulanan tarım ilacının ise tarım ürünlerinin üzerinde ilaç kalıntısına neden olduğu bilinmektedir. Ürün üzerindeki ilaç kalıntısının da, tarımsal ürünün ihracatında sorunlara neden olduğu ve belli düzeyde ilaç kalıntısı bulunan ürünlerin gıda denetim standartlarını sağlayamadığı üreticiler tarafından bilinmektedir. Bu bağlamda, bu problemlerin en aza indirilebilmesi ve birim alana uygulanması gereken ilaç miktarının normuna uygun olarak ilaçlama yapılabilmesi için, ilaçlama pompasından yüksek basınç ve hız ile akan tarım ilacının debisi debimetre ile gerçek zamanlı olarak ölçülmesi gerekmektedir. Akış miktarı belirlenen ilaç, motorlu valfler gibi akış yönlendirme kontrollü püskürtücüler ile hastalığın görüldüğü bitki, yabancı otlar ve zararlılara püskürtülmelidir. Püskürtülecek ilaç miktarı sabit kabul edildiğinde, traktörün ilerleme hızına göre birim alana atılan ilaç miktarı değişim göstermektedir. Traktör ilerleme hızının sabit tutulması birim alana atılan ilaç miktarını istenilir düzeyde tutabilir ancak pratikte tarla koşulları ve operatör hataları sebebiyle ilaç normuna uygun stabilitede ilaçlamanın çok zor olduğu anlaşılmaktadır.

ABD'nin Güney Carolina eyaletinde, tarımsal ilaç uygulamalarının doğruluk düzeyinin belirlenmesi üzerine yapılan araştırmada (Tobi ve Sağlam, 2015), ilaçlama uygulamalarında tarım ilacı normuyla uygulanan ilaçlama miktarı arasında maksimum hatanın %10 olması kabul edilmektedir. Türkiye'nin Adana ilinde pülverizatörler üzerine yapılan bir araştırmada ise, tarım ilaçlamanın %39'unun kabul edilebilir hata sınırları içerisinde olduğu, %36'sının ise önerilen dozdan yüksek olduğu ve %23'ünün ise önerilen dozdan düşük miktarda olduğu bildirilmiştir (Tobi ve Sağlam, 2015). Ulusal ve uluslararası ilaçlama uygulamalarında, akış ve birim alana atılan ilaç miktarı kontrolüne yönelik birçok araştırma mevcuttur. İspanya'da gerçekleştirilen bir çalışmada (Solanelles vd., 2006), bağlarda yapılan ilaçlama uygulamasında oransal motorlu valfler ve ultrasonik sensörler kullanılarak akış kontrolü sağlanmıştır. Böylece, birim araziye atılan ilaç miktarının tarım ilacı normuna uygun olarak kontrol altına alınabildiği rapor edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise (Atcıoğlu ve Bayat, 2018), İtalya menşeli Bravo 180 otomatik kontrol sisteminin tarla pülverizatörüne entegre edildikten sonra sistem 100, 150, 200 ve 300 lha<sup>-1</sup> ilaç norm değerleri ile test edilmiş ve ilaçlama işlemi boyunca tarım ilacı debi değerlerinde değişimlerin olduğu ileri sürülmektedir.

Ülkemiz tarım ilaçlama sektöründe otomasyon çalışmalarının henüz yeni başlamış olduğu literatür ve piyasa araştırmasından anlaşılmıştır. Bu çalışmada, tarım ilacı normuna uygun dozajda ilaçlama yapabilecek oransal kontrol biriminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, ilaçlama ve hidrolik silindirin kontrolü, gerçek zamanlı hıza bağlı tarım ilacı akış miktarın kontrolü ele alınarak oransal kontrolcü birimi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem; ana hatlarıyla motorlu valfler, debimetre, basınç sensörü, HMI ekranı ve ECU' dan oluşmaktadır. Sistemdeki yüksek basınçlı tarım ilacı akış miktarının istenilen düzeyde tutulabilmesi için PID, ilaçlama yapılacak alanın kayıt altına alınabilmesi için integral uygulamaları ile birlikte GPS ölçümlerinin doğruluğunu arttırmak için de EKF algoritmaları geliştirilmiştir. Geliştirilen oransal kontrolcü birimin performans testleri gerçekleştirilmiştir.

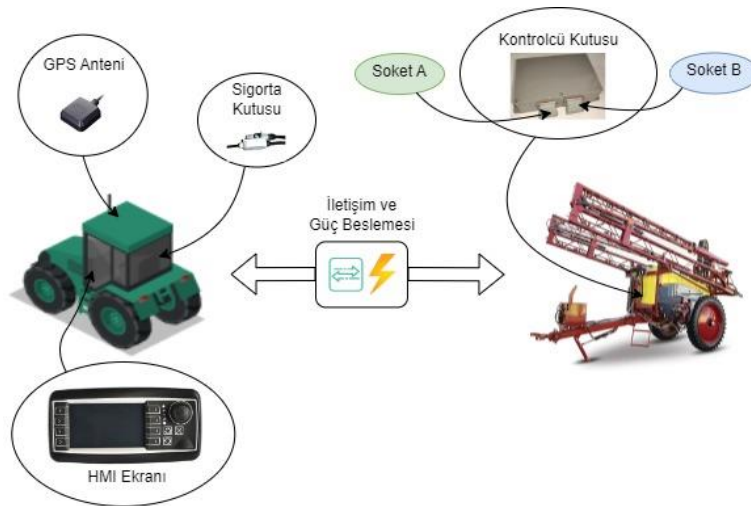
## MATERYAL ve METOT

Bu alanda yapılan çalışmalar (Karadöl vd., 2017; Kushwaha and Giri, 2013; Tahmesebi vd., 2012) incelendikten sonra, tarım ilacı normuna uygun dozda ilaçlama yapabilecek GPS destekli oransal kontrol biriminin geliştirilmesi planlanmış ve denenmesi için Şekil 1’ de verilen Önallar marka tarla pülverizatörü kullanılmıştır. Bu bağlamda, kontrol biriminin araç ilerleme hızı, tarım ilacı akış debisi, akış basıncı, ilaçlanan alan, deposundaki kalan ilaç miktar gibi durum parametrelerini algılamak amacıyla ECU ve ECU ile haberleşmeyi sağlayan kontrolü etkin hale getirecek HMI arayüz tasarlanmıştır.



Şekil 1. a) GPS destekli tarım ilaçlama oransal kontrol biriminin uygulandığı ilaçlama makinası, b) GPS destekli tarım ilaçlama oransal kontrol birimi.

Kontrol sisteminde, durum parametrelerini algılamak amacı ile bir adet debimetre, bir adet basınç sensörü ve bir adet GPS alıcısı kullanılmıştır. GPS alıcısında, araç hız bilgisinin elde edilmesi için gerçek zamanlı saat (RTC) ve elektrik kesintisine karşı silinebilir programlanabilir salt okunur bellek (E-EPROM) bulunmaktadır. GPS alıcısının desteklediği L1 frekansı 1575.42 mhz değerindedir. Şekil 2’ de görüleceği üzere, traktör dijital hız göstergesine sahiptir ve traktör hızı profesyonel hız ölçüm cihazıyla kalibre edilmiştir. Sistemde kullanılan debimetre 10-200 l dk<sup>-1</sup> ölçüm aralığına sahip ve ölçüm hassasiyeti % 0.1 dir. Basınç sensörü 0-60 bar ölçüm aralığına sahiptir. Elde edilen durum parametreleri ile tarım ilacı akış kontrolünün yapılabilmesi için sisteme düzenleyici ile birlikte dört adet bölüm valfi, bir adet by-pass valfi ve bir adet oransal kontrol valfi adapte edilmiştir. Şekil 1’ de verilen ilaçlama makinasının püskürtücü çubuğa kabul görmüş tekniğe bağlı olarak 50 cm aralıklarla 30 adet nozul yerleştirilmiştir. Şekil 2’ de GPS destekli oransal kontrol biriminin şematiği verilmiştir.



Şekil 2. Tarımsal ilaçlamada GPS destekli oransal kontrol biriminin şematiği.

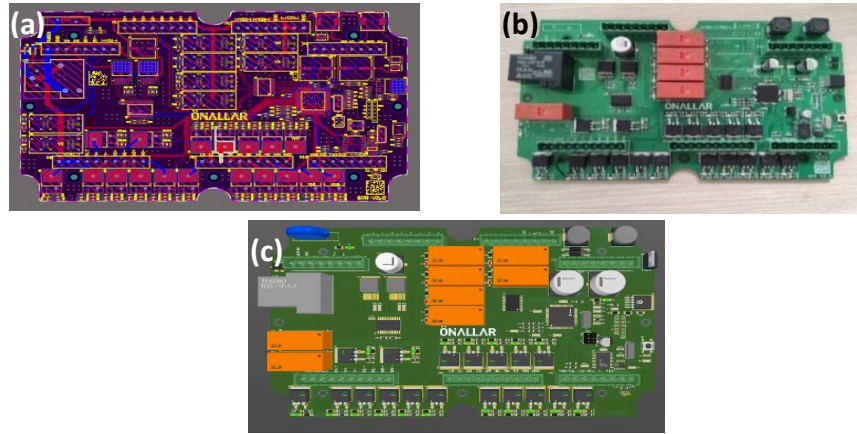
Tasarımı gerçekleştirilen kontrol kartında mikro denetleyicide (MCU) çalışacak kontrol algoritması oluşturularak HMI ve kontrol kartı arasında veri aktarımı denetleyici alan ağı (CAN-Bus) haberleşme protokolü

ile sağlanmıştır. Su ve toz gibi saha şartlarından etkilenmeyen HMI arayüz ekranıyla (Şekil 3) ile tarım traktör ilerleme hızı, sıvı basıncı, toplam akış miktarı, anlık akış miktarı, ilaçlanmış alan, depoda kalan ilaç miktarı, ilaçlama valf durumları gibi tüm bilgiler gözlemlenebilmektedir.



Şekil 3. HMI arayüz ekranı.

Hidrolik silindir valfi kontrolüyle, ilaçlama makinası püskürtücü çubuğun açılıp kapatılması, dengelenmesi ve yükseklik ayarı yapılabilmektedir. HMI ara yüz ekranında, bir adet enkoder, dokuz adet özelleştirilebilir buton ve üç adet fonksiyon butonu tercih edilmiştir. Tüm kontrol işlemleri ve sensör verileri göz önüne alınarak kontrol kartı mikro denetleyici birimi olarak 8 bitlik bir bileşen kullanılmasına karar verilmiştir. MCU ve ihtiyaç duyulan sensör elemanları belirlenerek Altium Designer programı üzerinde tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'de ECU tasarım, işlenmiş ve prototip görüntüleri yer almaktadır. Kullanıcı arayüzü üzerinden verilen komutlar CAN-Bus ile ECU'ya iletilmektedir.

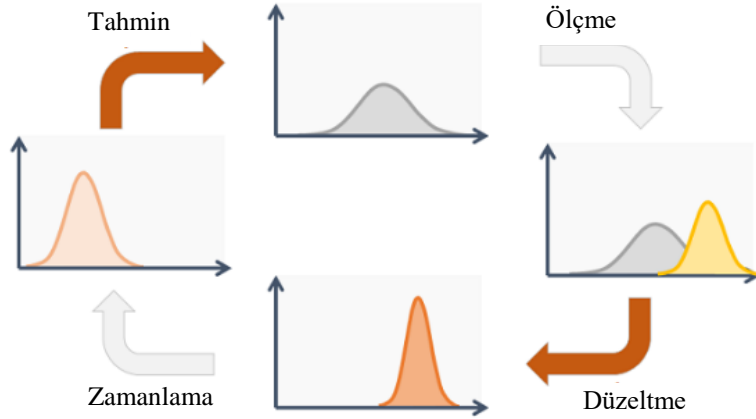


Şekil 4. a) Altium Designer programıyla tasarlanmış devre kartı, b) Üretilmiş devre kartı, c) Altium Designer programıyla tasarlanmış devre kartının üç boyutlu görüntüsü.

CAN-Bus aracılığı ile iletilen veriler ECU içerisine gömülmüş olan algoritma marifetiyle işlenmekte ve oransal valf ile tarım ilacı debisi kontrol edilmektedir. ECU; debimetre, basınç ve GPS sensörler ile GPS tarafından alınan bilgileri anlamlandırmaktadır. Sistem bu verilere göre kontrol parametrelerini güncellemekte ve CAN-Bus üzerinden HMI ekrana iletmektedir.

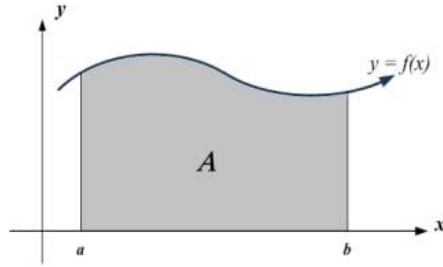
Geliştirilen kontrol birimi, toplam ilaçlama iş genişliğindeki aktif olan bölümleri ve gidilen hızı gerçek zamanlı olarak tespit etmektedir. İşlem süresince ilaçlanmış toplam taranan alan hesabı, integral algoritmaları Eşitlik 1-3 ile yapılmaktadır. GPS aracılığı ile elde edilen hız verisinin doğruluğu, EKF algoritması kullanılarak artırılmıştır. EKF algoritması, hız verisi üzerindeki dalgalanmaları önleyerek sistemin kararsız bir yapıya geçmesini engellemektedir. Ayrıca, EKF algoritması U dönüşte ve çalışma alanı içerisinde gerçekleştirilen manevralar esnasında hız ölçümünün hata payını en aza indirmek için kullanılmıştır. EKF algoritmasının çalışma prensibi Şekil 5'de verilmiştir.





Şekil 5. EKF algoritmasının çalışma prensibinin şematığı.

Bilinen elektronik kontrol disiplninde, GPS verisi üzerinden elde edilen hız parametresine integral uygulanarak zamana bağlı konum değişimi elde edilmektedir. Elde edilen anlık konum değişimi iş genişliği ile çarpılarak taranan alan hesaplanmaktadır. Araç hızının zamana bağlı değişim grafiği temsili olarak Şekil 6' da gösterilmiştir ve matematiksel integral alan hesabı Eşitlik 1 ile yapılmıştır.



Şekil 6. Araç hız-zaman eğrisi.

$$X = \frac{\int_a^b f(x) dx \times L}{1000} \quad (1)$$

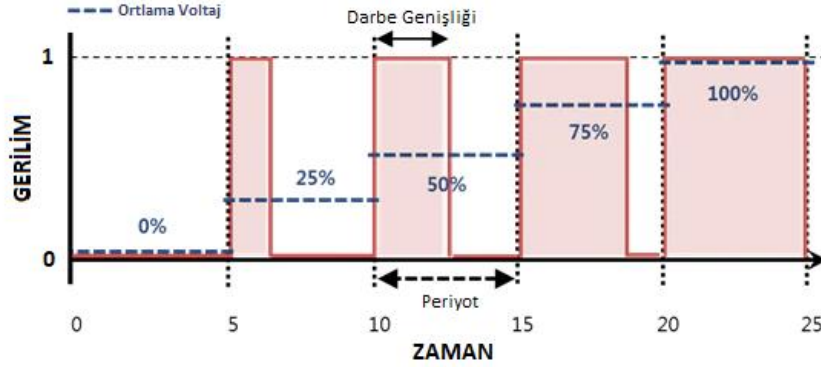
Eşitlik 1' de  $y = f(x)$  hızın zamana bağlı olarak fonksiyon denklemi, L aktif iş genişliği (m), X ise taranan alanı (daa) ifade etmektedir. MCU algoritmasına yönelik integral hesabı Eşitlik 2 ve 3 ile yapılabilmektedir. Eşitlik 2 ve 3' de, V gerçek zamanlı hız (km s-1) L aktif iş genişliği,  $X_t$  taranan alan (daa),  $X_{t-1}$  önceki periyoda ait taranan alan (daa), T ise kontrol periyodunu (sn) ifade etmektedir.

$$X_t = \left[ \frac{\left( \frac{(V \times L \times T \times 1000)}{3600} \right)}{1000} \right] + X_{t-1} \quad (2)$$

$$X_t = \left[ \frac{V \times L \times T}{3600} \right] + X_{t-1} \quad (3)$$

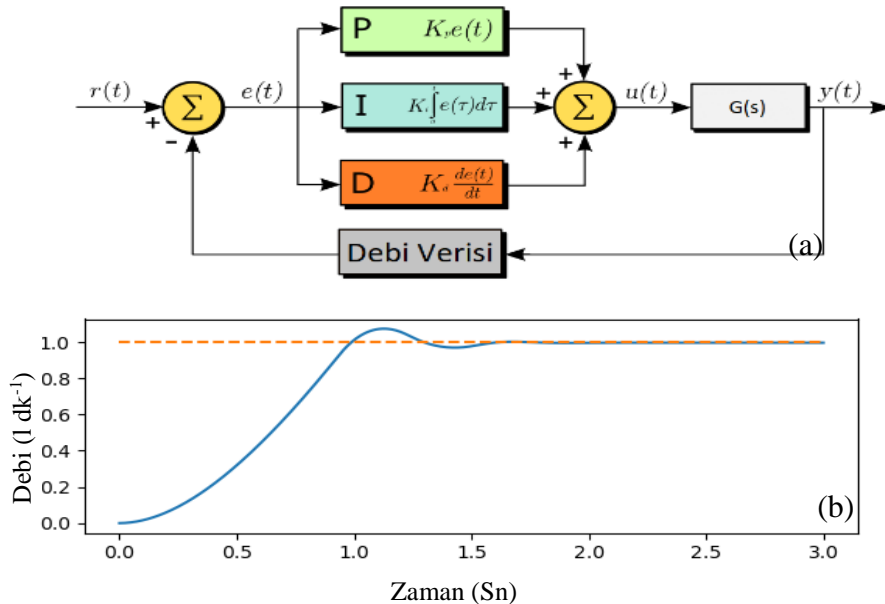
Kontrol kartı içerisine entegre edilmiş algoritma el ile ve otomatik kontrol olmak üzere iki farklı çalışma moduna sahiptir. El ile kontrol modunun aktif olduğu durumda, oransal kontrol valfi kullanıcı tarafından kontrol edilmekte ve oransal valf motorunun tam güç kapasitesi ile çalışmasından dolayı hassas ayarlanabilmesini

mümkün olamamaktadır. Elektronik uygulamalarında darbe genişlik modülasyonu (PWM), sinyali darbeler şeklinde kodlamak için kullanılan tekniktir ve çalıştırılan cihaza iletilen ortalama voltaj değeri, bir periyottaki pozitif alternansların oranı frekans ve görev döngüsü kontrol edilerek ayarlanmaktadır (Priyanka ve Mariyammal, 2018). Oransal valfin kontrolünde, motor kontrol hassasiyetini artırmak amacı ile darbe PWM kullanılmıştır. PWM uygulama işleminde, genel frekans aralığında seçilmesi durumunda yüksek PWM değerleri düşük hassasiyet, düşük PWM değerleri ise yetersiz güç sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla yüksek hassasiyet için, motora düşük frekanslı PWM uygulanmıştır. Bu durum Şekil 7’ de verilmiştir.



Şekil 7. Uygulanan PWM sisteminin akış diyagramı.

Diğer bir çalışma seçeneği olan otomatik modda ise oransal valf kontrolü için PID yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bilgisayar ortamında, MATLAB ve ANSYS Twin Builder kullanılarak oransal valf için uygun PID değerleri hesaplanmıştır. Şekil 8’ de verilen PID akış şemasında,  $r(t)$  olması gereken tarım ilacı debisi,  $e(t)$  olması gereken debi ile uygulanan debi arasındaki hatadır. P bloğu hata ile oransal kontrolcü katsayısının ( $K_p$ ) çarpımı sonucu elde edilen oransal kontrolcü çıkışı olarak tanımlanmaktadır. I bloğu hatanın integrali ile integral kontrolcü katsayısının ( $K_i$ ) çarpımıyla elde edilen integral kontrolcü bloğu, türevsel kontrol çıkışı olan D bloğu da hatanın türevi ile türevsel kontrolcü katsayısının ( $K_d$ ) çarpımıyla elde edilir. Bu üç çıktı toplanarak transfer fonksiyonu  $u(t)$  elde edilir. PID sisteminin temel modeli Şekil 8-a’ da gösterilmiştir.



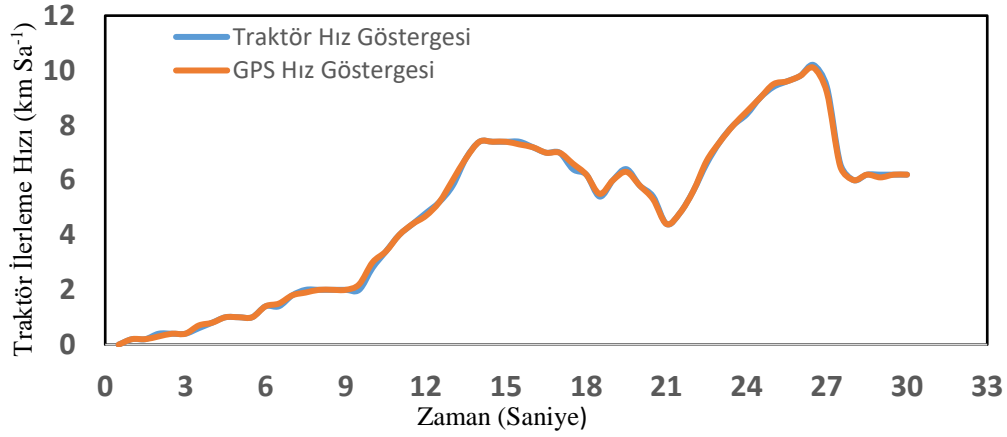
Şekil 8. PID sisteminin modeli ana modeli (a) ve PID kontrolcüsünün doğruluğu yaklaşık 1 saniye sonra oransal kontrol valfinin doğru değere ulaştığının gösterimi (b).

$G(s)$  PID sisteminin kontrolcüsüdür ve kontrol verisi buradan motora gönderilerek kontrol sağlanmaktadır. Debiyi kontrol etmek için püskürtme çubuğunun uzunluğu, aracın ilerleme hızı, birim alana

atılacak tarım ilacı norm değeri kullanılmış ve uygulanması gereken debi PID sistemine girdi olarak tanımlanmıştır. Şekil 8-b' ye göre geliştirilen PID kontrolcüsünün doğruluğu yaklaşık 1 saniye sonra oransal kontrol valfinin doğru değere ulaştığını ifade etmektedir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

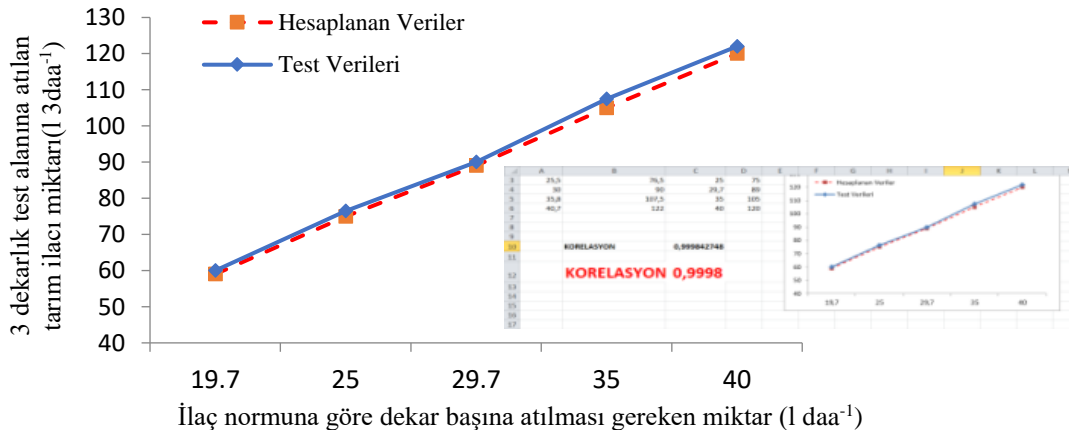
Geliştirilen kontrol biriminin testleri için Önallar marka Alfa D-10 model çapraz katlanır tarla pülverizatörü kullanılmıştır. HMI' ya girdi olarak iş genişliği bilgisi 15 m girilmiştir. Her test öncesi pülverizatör deposu 1000 litre su ile doldurulmuştur. Her test için norm değeri değiştirilmiş ve araç hız bilgisi 3-10 km/saat aralığında (Şekil 9), ortalama basınç 5 bar, mesafe bilgisi 200 m girdi olarak tanımlanarak, ilaç normuna göre uygulanan tarım ilacı miktarındaki sapmanın tayini için 5 farklı test ve üç farklı tekrar tercih edilmiş olup verilerin ortalama değerleri verilmiştir. Başlangıç test koşulları Tablo 1' de verilmiştir.



Şekil 9. Traktör ilerleme hızı ve GPS hız bilgisi.

Tablo 1. Geliştirilen kontrol biriminin testleri sırasındaki ilaçlama koşulları.

Test No	Depo su miktarı (L)	İlaçlama makinası iş genişliği (m)	Kullanılan tarım ilacının norm değerleri (l daa <sup>-1</sup> )
1	1000	15	40
2	1000	15	35
3	1000	15	30
4	1000	15	25
5	1000	15	20



Şekil 9. Teorik ilaç miktarıyla geliştirilen kontrol biriminin uyguladığı ilaç miktarı.

Şekil 9’ da geliştirilen kontrol biriminin test sırasında dekar basına ve üç dekara uyguladığı tarım ilacı miktarı ile teorik hesaplanan ilaç miktarı gösterilmektedir. Teorik hesaplana ve uygulanan ilaçlama miktarı arasındaki korelasyon katsayısı (r) Eşitlik 5’ temel bilgiye dayanarak excel ile hesaplatılmış ve 0.9998 olarak elde edilmiştir. Bilindiği üzere korelasyon katsayısı, iki sürekli değişken arasındaki ilişkiyi veren katsayıdır ve genellikle teoride Eşitlik 5 ile hesaplanmaktadır.

$$S = \frac{L \times N \times Y}{1000} \quad (4)$$

Tarım ilacı norm bilgisi, iş genişliği ve gidilen mesafe parametreleri dikkate alındığında, üç dekar alana atılması gereken ilaç miktarı Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte, S atılan tarım ilacı miktarını ( $l_{daa^{-1}}$ ), püskürtücülerin montajlandığı püskürtücü çubuğun uzunluğunu (m) veya aktif iş genişliğini (m), N tarım ilacı norm değerini ( $l_{daa^{-1}}$ ) ve Y ise aracın aldığı yolu (m) ifade etmektedir. Teorik olarak hesaplanmış ve uygulanmış veriler Şekil 10’ da verilmiştir.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n XY - n.X_o.Y_o}{\sqrt{\{\sum_{i=1}^n X^2 - n.X_o^2\} \{\sum_{i=1}^n Y^2 - n.Y_o^2\}}} \quad (5)$$

Bu denklemde n veri sayısını, X teorik hesaplanan tarımsal ilaç miktarını, Y geliştirilen kontrol sistemiyle uygulanan tarımsal ilaç miktarını,  $X_o$  ortalama hesaplanan tarımsal ilaç miktarını,  $Y_o$  ise geliştirilen kontrol sistemiyle uygulanan tarımsal ilaç miktarını temsil etmektedir. Korelasyon katsayısı değeri  $-1 \leq r \leq 1$  aralığında değer almaktadır.  $r = -1$  olması durumunda iki veri negatif yönde mükemmel bir ilişkiye sahip olduğu,  $r = 1$  olması durumunda da iki veri aynı yönlü mükemmel uyum içerisinde anlamına gelmektedir. Elde edilen 0,9998 korelasyon katsayısı değerinin teorik atılması gereken tarım ilacı miktarı ile geliştirilen oransal kontrol biriminin uyguladığı tarım ilacı miktarının aynı yönlü oldukça uyumlu olduğunu ifade etmektedir. Hesaplanan tarım ilacı miktarı ile ilaçlama yapılan tarım ilacı miktarı arasındaki bağıl hata ölçme disiplinindeki temel denklem olan Eşitlik 6 ile hesaplanmıştır.

$$\%BH = \frac{X_i - X_t}{X_t} \times 100 \quad (6)$$

Eşitlik 6’ da,  $X_i$  Eşitlik 4 ile hesaplanan teorik atılması gereken ilaç miktarı,  $X_t$  geliştirilen kontrol sistemiyle atılan ilaç miktarını ve %BH ise geliştirilen kontrol sisteminin bağıl hatasını vermektedir. Tablo 2’ de teorik hesaplanan ve kontrolcünün uyguladığı tarım ilacı miktarlarının sapma oranları, 5 ölçüm sonucunda excel programı kullanılarak hesaplanmıştır ve sapmanın aritmetik ortalaması  $\% -0.62$ , geometrik ortalaması  $\% 1.68$  ve standart sapması  $\% 1.67$  olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bubağıl hatanın kabul edilebilir  $\% \mp 10$  oranının (Atcioğlu ve Bayat, 2008) çok altında olduğu belirlenmiş olup, geliştirilen oransal kontrol sistemi prototipin, ticari ilaçlama makinalarına adapta edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 2. Hesaplanan ve atılan tarım ilacı miktarları.

Test No	Teorik atılması gereken ilaç miktarı (L)	İlaçlama makinası ile yapılan tarım ilacı miktarı (L)	Bağıl hata oranı (%)
1	60	59	1.69
2	75	76.5	-1.96
3	90	89	1.12
4	105	107.5	-2.32
5	120	122	-1,63

Yapılan beş test sonucu, atılması gereken teorik tarım ilacı miktarı ile kontrolcünün uyguladığı ilaç miktarı arasındaki sapma oranının aritmetik ortalaması  $\% -0.62$ , geometrik ortalaması  $\% 1.68$  ve standart sapması  $\% 1.67$  olarak hesaplanmıştır. Bu oranların kabul edilebilir değerlerin altında olduğu anlaşılmıştır (Felizardo vd., 2013).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemiz ilaçlama makineleri imalatında, elektronik ve otomasyon uygulamaları henüz yeni başlamış olup, prototipi geliştirilen GPS destekli elektronik ilaçlama oransal kontrol biriminin uygulamalı test edildiği bu çalışmada;

- Geliştirilen PID kontrolcüsünün doğruluğu yaklaşık 1 saniye sonra oransal kontrol valfinin doğru değere ulaştığı görülmüştür. Elde edilen 0.9998 korelasyon katsayısıyla, teorik atılması gereken tarım ilacı miktarı ile geliştirilen oransal kontrol biriminin uyguladığı tarım ilacı miktarının aynı yönlü oldukça uyumlu olduğu belirlenmiştir.
- Teorik atılması gereken ilaç miktarı ile kontrolcünün uyguladığı ilaç miktarı arasında maksimum%–2.32 bağıl hata görülmüştür. Elde edilen bu bağıl hatanın kabul edilebilir  $\pm 10$  oranın (Atcıoğlu ve Bayat, 2008) çok altında olduğu belirlenmiş olup, geliştirilen oransal kontrol sistemi prototipin, ticari ilaçlama makinelerine adapta edilebileceği sonucuna varılmıştır.
- Yapılan beş test sonucu, atılması gereken teorik tarım ilacı miktarı ile kontrolcünün uyguladığı ilaç miktarı arasındaki sapma oranının aritmetik ortalaması  $\pm 0.62$ , geometrik ortalaması  $\pm 1.68$  ve standart sapması  $\pm 1.67$  olarak hesaplanmıştır. Bu oranların kabul edilebilir değerlerin altında olduğu anlaşılmıştır (Felizardo vd., 2013).
- Geliştirilen oransal ilaçlama biriminin ürün ilaçlama sırasında birim alana düşen ilaç miktarının düşük hata payı ile gerçekleştirmesi sonucu bu alanda ticarileşmenin önünün açık olduğu düşünülmektedir.

**Teşekkür:** Bu makale çalışması, Önallar Tarım Makineleri AŞ. firmasının Tasarım Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Destekleri için firmaya teşekkür ederiz.

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

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

## KAYNAKLAR

- Altıkat, A. Turan, T. Torun, F.E. 2009. Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (2):87-92.
- Atcıoğlu, T., Bayat, A., 2006.. Yerli Yapım Bir Tarla Pülverizatörüne Elektronik Kontrol Sisteminin Uygulanması ve Etkinliğinin Saptanması. Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları A.D., Yüksek Lisans Tezi, Adana, 59s.
- Felizardo, K.R. Mercaldi, H.V. Oliveira, V.A. and Cruvinel, P.E. 2013. Modeling and Predictive Control of a Variable-Rate Spraying System. 8th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, 10-13 September 2013, Cardiff UK, pp. 202-207.
- Karadöl, H. Arslan, S. and Aybek, A. 2017. PID control for sprayer sections under laboratory conditions. Agronomy Research, 15(1): 187–195.
- Kushwaha, P.K. Giri, V.K. 2013. PID controllers for water level control of two tank system. VSRD. Int. Journal of Electrical, Electronics & Communication Engineering, 3(3): 383–389.
- OECD, 2021. Report on the State of the Knowledge – Literature Review on Unmanned Aerial Spray Systems in Agriculture. OECD Series on Pesticides, No: 105, OECD Publishing, Paris, pp. 73.
- Priyanka, K. Mariyammal, A. 2018. DC Motor Speed Control Using PWM. International Journal of Innovative Science and Research Technology, 3(2):584-587.
- Rao, V.P.S. and Rao, G.S. 2019. Design and Modelling of an Affordable UAV Based Pesticide Sprayer in Agriculture Applications. Fifth International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), 21-22 February 2019, Chennai, India, pp. 1-4.
- Solanelles, F. Escolà, A. Planas, S. Rosell, Camp, J.R. Gràcia, F. 2006. An Electronic Control System for Pesticide Application Proportional to the Canopy Width of Tree Crops. Biosystems Engineering, 95 (4):473-481.
- Tahmasebi, M. Rahman, R.A. Mailah, M. Gohari, M. 2012. Sprayer boom active suspension using intelligent active force control. Conference Paper in World Academy of Science, Engineering and Technology 68, 1277–1281.
- Tiryaki, O. Canhilal, R. Horuz, S. 2010. Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 256(2): 154-169.
- Tobi, İ. Sağlam, R. 2015. Süne İlaçlamaları İçin İşletme Koşullarında İlaç Kalıntı Miktarı ve Dağılımı. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 19(2):110-121.

Tudi, M. Daniel Ruan, H. Wang, L. Lyu, J. Sadler, R. Connell, D. Chu, C. Phung, D.T. 2021. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 1112: 1-23.

## Kök Kısıtlamanın Yenidünya (*Eriobotrya japonica* Lindl.) Ağaçlarında Vejetatif Büyüme ile Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri

A.Aytekin POLAT 

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay

Sorumlu Yazar: aapolat@mku.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.11.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 27.04.2023 Kabul Tarihi: 02.05.2023

### ÖZ

Çalışmanın amacı, kök kısıtlamanın, yenidoğyada vejetatif büyüme, fenolojik özellikler ile verim ve meyve kalitesi üzerine etkisini belirlemektir. Yenidünya çöğür anacına aşılı 'Hafif Çukurgöbek' ağaçları, toprağa gömülü kök kısıtlayıcı plastik kaplar içine dikilmiş ve kapsız dikilen ağaçlarla karşılaştırılmıştır. Bu ağaçların vejetatif büyümesi, çiçeklenme dönemleri ile çiçek salkım özellikleri ve meyve tutum oranları incelenmiştir. Ayrıca, uygulamalara göre ağaç başına, birim gövde kesit alanına ve birim alana verimler ile meyvelerin pomolojik özellikleri belirlenmiştir. Çeşidin çiçeklenme evreleri, uygulamalara göre kısmen farklılık göstermiş olsa da, 5 Aralık-10 Şubat arasındaki dönemde tamamlanmıştır. İlk çiçeklenme, kök kısıtlama uygulamasında 5 Aralık'ta, kontrolde 9 Aralık'ta gerçekleşmiştir. Tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonu evreleri, kök kısıtlama uygulamasında sırasıyla 18 Ocak-5 Şubat'ta gerçekleşirken, kontrolde sırasıyla 29 Ocak-10 Şubat'ta gerçekleşmiştir. Kök kısıtlamasının meyvelerin olgunluk dönemine etkisi olmamıştır. Çeşidin çiçek salkım uzunluğu ve salkımdaki somak sayısı bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık görülmezken; salkımdaki çiçek tomurcuğu, açan çiçek ve ilk meyve tutum sayıları bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Salkımdaki küçük meyve ile derimi yapılan meyve sayılarına uygulamaların önemli bir etkisi olmamıştır. Yıllık sürgün uzunluğu, kalem ve anaç çapı ile öteki vejetatif parametreler bakımından kök büyümesi kısıtlanan ağaçlarda, kontrol ağaçlarına göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Kök büyümesi kısıtlanan ağaçlarda, kontrole göre, bitki başına verim ve birim alana verim düşük, birim gövde kesit alanına verim ise yüksek bulunmuştur. Meyve ağırlığı ve meyve iriliği ile tohum ağırlığı bakımından kök kısıtlaması yapılan bitkilerden, kontrol bitkilerine göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Öteki meyve özellikleri bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Sonuç olarak, kök kısıtlamasının, yenidoğyada ağaçlarında vejetatif büyümeyi azalttığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kök kısıtlama, meyve tutumu, vejetatif büyüme, verim, yenidoğyada

## Effects of Root Restriction on Vegetative Growth and Yield and Fruit Quality in Loquat(*Eriobotrya japonica* Lindl.) Trees

### ABSTRACT

The aim of the study is to determine the effect of root restriction on vegetative growth, phenological characteristics, yield and fruit quality in loquats. 'Hafif Çukurgöbek' loquat trees grafted on seedling were planted within root restrictive plastic pots buried in the soil and compared with trees planted without pots. Vegetative growth, flowering periods, inflorescence characteristics and fruit set rates of these trees were investigated. In addition, yields per tree, per unit trunk cross-sectional area and per unit area, and pomological characteristics of fruits were determined according to the applications. Although the flowering stages of the cultivar differed partially according to the applications, it was completed in the period between December 5 and February 10. The first flowering was took place on 5 December in the root restriction application and on 9 December in the control. The full bloom and the end of flowering phases occurred on January 18 and February 5, respectively, in root restraint application, and on January 29 and February 10, respectively, in control. Root restriction had no effect on the maturity period of the fruits. While there was no significant difference between the applications in

terms of the length of the inflorescence and the number of panicle in the cluster; Statistically significant differences were determined between the treatments in terms of the numbers of flower buds, blooming flowers and initial fruit set in the cluster. Applications were not significant effect on the number of the small fruit and the number of fruits harvested in the cluster. In terms of annual shoot length, scion and rootstock diameter, and other vegetative parameters, lower values were obtained in root-restricted plants compared to the control. In terms of annual shoot length, scion and rootstock diameter and other vegetative parameters, lower values were obtained in plants with restricted root growth compared to the control plants. In trees with restricted root growth, yield per plant and yield per unit area were lower, while yield per trunk cross-sectional area was higher than the control. In terms of fruit weight, fruit size and seed weight, higher values were obtained from root-restricted plants compared to control plants. There was no significant difference between the applications in terms of other fruit characteristics. As a result, it was determined that root restriction reduces vegetative growth in loquat trees.

**Key words:** Root restriction, fruit set, vegetative growth, yield, loquat.

## GİRİŞ

Meyve ağaçlarının verime yatma süresini kısaltmak ve meyve bahçesinin verimini en üst düzeye çıkarmak için vejetatif ve generatif büyüme arasında uygun bir dengenin sağlanması gereklidir (Williamson ve Coston, 1990). Bu amaçlara ulaşmak için, meyve ağaçlarının vejetatif büyümesinin kontrolü önemli bir husus olarak görülmektedir. Ağaç büyümesini kontrol etmeye yönelik araştırmaların çoğunda ya genetik araçlara, ya da ağacın toprak üstü kısımlarına yönelik kültürel uygulamalara odaklanılmıştır (Ferree ve ark., 1992). Genetik yaklaşım, bodur çeşitlerin (Scorza ve ark., 1984; Hansche ve ark., 1986) ve anaçların seçimi ile bir miktar başarı sağlamıştır. Ancak, elma ve armut dışındaki türler için bodur anaçların geliştirilmesi ve bodur çeşitlerin seçimi sınırlı kalmıştır (Martin, 1989; Ferree ve ark., 1992). Bodur anaçlar, başta elma ve armut olmak üzere değişik meyve türlerinde yaygın olarak kullanılsa da, kalem/anaç uyumluluğu, hastalık ve zararlı duyarlılığı ve düşük sıcaklık toleransı ile ilgili birçok sorun ile birlikte maliyetli ağaç destek sistemlerine de ihtiyaç duyarlar (Ferree ve Carlson, 1987). Bu nedenle, ağaç boyutunu, çiçeklenmeyi ve meyve verimini kontrol etmek için başka yöntemlerden de (bitki büyümesini geciktiriciler kullanma, gövdede boğma veya bilezik alma, kök budaması veya kök büyümesini kısıtlama, yüksek yoğunluklu dikim ve budama vb.) yararlanılmakta ve farklı düzeylerde başarılar elde edilmektedir. Birçok çalışma, sürgün büyümesinin, kök sisteminin gücü ile ilişkili olduğunu ve bitkinin kök büyümesinin, toprak altı uygulamalar ile değiştirilebilmesinin mümkün olabildiğini göstermiştir. Ağacın boyunu kontrol etmek için toprak altı uygulamaların bir yöntemi de kök büyümesini kısıtlamadır. Kök büyümesini kısıtlamada, kök sistemi belirli bir alanla sınırlandırıldığından yeni kök büyümesi sınırlı kalmaktadır. Meyve ağaçlarının kök hacminin çeşitli kaplar ile sınırlandırıldığı durumlarda, sürgün büyümesinde azalmalar olduğu; kök büyümesini kısıtlamanın, ağacın vejetatif gücünü azaltarak şeftali ve elmada çiçek yoğunluğunda artışlar sağladığı belirlenmiştir (Richards, 1986; Williamson ve Coston, 1990; Williamson ve ark., 1992; Myers, 1992). Williamson ve Coston (1990), kök kısıtlamalı ağaçların daha küçük boyutta olmalarına rağmen, meyve sayısı veya ağaç başına verimde kök kısıtlama ile geleneksel dikim sistemi arasında hiçbir fark bulamamışlardır. Richards (1986) ise daha yüksek miktarda çiçek üretimine rağmen, küçük kök hacimlerinde yetiştirilen ağaçların nihai meyve veriminin biraz daha düşük olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmalarda, sınırlı kök hacminin, meyve verimliliğinde (ağaç/gövde kesit alanı başına verim) bir artış sağladığı da tespit edilmiştir. Literatürde uzun süreli kök kısıtlamasının etkilerini bildiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Myers (1992), elmalarda meyve vermenin ilk yılında çiçek salkımının ve dal başına meyve sayısının, kap boyutunun azalmasıyla doğrusal olarak arttığını bildirmiştir. Aynı araştırmacı, hem elma, hem de şeftali ağaçlarında kumaş torbalarla kök kısıtlamanın daha küçük ağaç boyutu, daha yüksek çiçek tomurcuğu sayısı ve meyve tutumunda da artış sağladığını belirlemiştir (Myers, 1992). Webster ve ark. (2000), köklerin çoğunu belirli bir toprak hacmi içinde sınırlayan kök kısıtlayıcı zararlıların, sürgün büyümesini büyük ölçüde azalttığını, çiçek tomurcuklarının sayısını artırdığını; buna karşın meyve boyutunu, yıllık verimi ve kümülatif verimi azalttığını bildirmiştir.

Türkiye’de yenidoğruya yetiştiriciliğinde anaç olarak genellikle yenidoğruya çoğürü kullanılmaktadır. Bu anaç üzerinde, yenidoğruyalar 5-10 m boyunda taçlanan büyük ağaçlar oluşturmaktadır. Büyük taç oluşturan böyle ağaçların yetiştiricilik maliyeti yüksek olduğundan, bu maliyetleri azaltmak için yenidoğruya ağaçlarının büyüme gücünün kontrol edilmesi gerekmektedir (Polat, 2022a,b). Bu kapsamda, bir yandan uygun bodur anaçların belirlenmesine ilişkin çalışmalar (Polat, 2021, 2022a,b,c; Akkuş ve Polat, 2020, 2021, 2022) yapılırken, diğer yandan da kök büyümesini kısıtlamanın kalem çeşitli vejetatif ve generatif parametrelerine etkileri belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmanın amacı da kök büyümesini kısıtlamanın, HCG yenidoğruya çeşidinin



vejetatif büyümesine, fenolojik özellikleri ve meyve tutum oranları ile meyve verim ve kalitesi üzerine etkisini belirlemektir.

## **MATERYAL ve METOT**

Bu çalışma, 2019-2020 yıllarında, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait araştırma alanındaki yenidoğru için ayrılan parselde yürütülmüştür. Araştırma alanı, 36°12' doğu ve 36°52' kuzey enlem derecelerinde olup denizden yüksekliği 80 metredir.

### **Materyal**

Araştırmada, yenidoğru çöğür anacına aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidine ait bitkiler kullanılmıştır. Deneme materyali tüm bitkiler, silindir şeklindeki 25 litre hacimli plastik kaplarda tüplü fidan olarak yetiştirilmiştir. Denemenin kurulması aşamasında, kök büyümesi kısıtlaması uygulanan bitkiler, plastik kapları çıkarılmadan bahçe koşullarındaki yerlerine dikilirken, kontrol bitkileri plastik tüplerden toprağı ile birlikte çıkarılarak deneme alanına dikilmiştir. Deneme materyali bir yaşlı bitkiler, araştırma alanına 26/04/2018 tarihinde 1.0 x 1.0 metre aralıklarla tek sıra halinde dikilmiştir. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 5 yinelemeli ve her yinelemede 2 adet bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Ağaçlar, goble terbiye sistemi ile şekillendirilmiş olup damla sulama sistemiyle sulanmış ve diğler yıllık teknik ve kültürel bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır.

### **Araştırma yerinin iklim ve toprak özellikleri**

Deneme parselinin bulunduğu bölgenin (Antakya/Hatay) iklimi, Akdeniz iklimi etkisi altında olup kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir (Anonim, 2020). Araştırmanın yapıldığı bahçenin 20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinde yapılan analizlere göre deneme alanı toprağı, alkali özellikte (pH:7.76), çok az kireçli (%2.4)(w/w), orta tuzlu (EC microsiemens:446) ve kumlu tınlı (Kum: %57.37; Kil: %17.3; Silt: %25.32) (w/w), organik madde bakımından yetersiz (%1.44)(w/w) ve K (73.81 ppm), P (9.78 ppm), Fe (6.43 ppm), Cu (1.13 ppm), Mn (4.69 ppm), Zn (1.4 ppm) içeriğine sahip yapıdadır (Polat 2022a).

### **Metot**

#### **Fenolojik gözlemler**

Denemedeki fenolojik gözlemler, Polat (2015 ve 2018)'e göre yapılmıştır.

#### **Çiçeklenme ve meyve gelişimi ile ilgili gözlemler**

Tomurcuklarda taç yapraklarının görülmeye başladığı evre çiçeklenme başlangıcı; çiçeklerin %5'inin açtığı evre ilk çiçeklenme; çiçeklerin %70'inin açtığı evre tam çiçeklenme; çiçeklerin %70'inin taç yapraklarını döktükleri evre çiçeklenme sonu olarak kabul edilmiştir. Çiçeklerin, taç yapraklarını dökmelerinin ardından %70'inin meyveye dönüştüğü dönem meyve tutumu, meyvelerin fındık büyüklüğüne ulaştığı evre ise küçük meyve dönemi olarak değerlendirilmiştir. Meyvelerin çeşide has renk ve iriliğe ulaştığı ve kuru maddenin de %10 düzeyine çıktığı evre, olgunluk evresi olarak kabul edilmiştir.

#### **Salkım özellikleri ile ilgili gözlemler**

Çiçek sayıları ve meyve tutum oranlarının belirlenmesi için her uygulamada 10 bitki seçilerek; daldaki salkım sayısı (adet), salkım uzunluğu (cm), salkımdaki somak sayısı, salkımdaki çiçek tomurcuğı sayısı, salkımdaki açan çiçek sayısı, salkımdaki tutan meyve sayısı, sayılarak belirlenmiştir.

#### **Çiçeklenme ve meyve tutum oranları ile ilgili gözlemler**

Uygulamalara göre çeşidin, çiçeklenme oranları (%), ilk meyve tutumu (%), küçük meyve tutumu (%), d) olgun meyve (%) oranları belirlenmiştir.

#### **Vejetatif büyüme ile ilgili parametreler**

Şubat 2019'dan itibaren üç ay ara ile ölçüm yapılan bitkilerin vejetatif büyümeleri Polat ve ark. (2004) ile Polat (2018)'e göre; Yıllık sürgün uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), aşı noktası-ilk dallanma (cm), ilk dallanma-sürgün ucu (cm), aşı noktası-ana eksen ucu (cm) belirlenmiştir.

#### **Verilerin değerlendirilmesi**

Denemeden elde edilen verilerin varyans analizleri, SPSS bilgisayar paket programında, "Faktöriyel Düzenle Tesadüf Parselleri Deneme Desenine" (Bek ve Efe, 1987) göre yapılmıştır. Anaç ortalamaları arasındaki farklılıklar, LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

**BULGULAR ve TARTIŞMA****Çiçeklenme Zamanları ile İlgili Bulgular**

Çeşidin çiçeklenme evreleri, uygulamalara göre kısmen farklılık göstermiş olsa da, 5 Aralık-10 Şubat arasındaki dönemde tamamlanmıştır. İlk çiçeklenme, kök kısıtlanan ağaçlarda 5 Aralık'ta, kontrol bitkilerinde 9 Aralık'ta gerçekleşmiştir. Tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonu evreleri, kök kısıtlama uygulamasında sırasıyla 18 Ocak-5 Şubat'ta gerçekleşirken, kontrolde sırasıyla 29 Ocak-10 Şubat'ta gerçekleşmiştir. Meyve tutumu evresine, kök büyümesi kısıtlanan bitkiler 17 Şubat'ta ulaşırken kontrol bitkileri 21 Şubat'ta ulaşmıştır. Ancak meyvelerin olgunluk dönemine kök kısıtlamanın önemli bir etkisi olmamıştır. Literatürde, bu konuya ilişkin çalışmalara ulaşılamadığı için verilerin karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Ancak, Akkuş ve Polat'ın (2022) yaptığı bir araştırmada, Quince-A, Quince-C ve BA-29 anaçlarına aşılı HCG yenidünya çeşidinin ilk çiçeklenme tarihi sırasıyla 14-15-11 Aralık, tam çiçeklenme sırasıyla 18-10-11 Ocak ve çiçeklenme sonu sırasıyla 31-23-25 Ocak olarak belirlenmiştir. Polat'ın (2015), yaptığı başka bir çalışmada, yenidünya çöğür anacına aşılı HCG yenidünya çeşidinde ilk çiçeklenme 27 Kasım, tam çiçeklenme 9 Aralık ve çiçeklenme sonu ise 24 Aralık olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler, Akkuş ve Polat'ın (2022) elde ettiği verilere kısmen benzerlik göstermekte iken, Polat'ın (2015) elde ettiği verilerden önemli derecede farklı bulunmuştur. Bu farklılık, çalışmaların yapıldığı yıllardaki iklimsel farklılıkların etkisinin yanı sıra deneme alanlarının ve bitki yaşlarının farklılığından da kaynaklanmış olabilir.

**Salkım Özellikleri ile İlgili Bulgular**

İki yıllık ortalamalara göre, yıl ve uygulamanın çiçek salkım uzunluğuna etkisi önemli bulunmazken, yıl x uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu da çiçek salkım uzunluğunun, uygulamalardan yıllara göre farklı düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Salkımdaki somak ve çiçek tomurcuğu sayıları ile salkımdaki ilk meyve tutumu, küçük meyve ve derimi yapılan meyve sayıları bakımından, yıllar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Salkımdaki çiçek tomurcuğu ve açan çiçek sayıları ile salkımdaki ilk meyve tutumu bakımından, kök kısıtlama uygulamasından kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiş ve uygulamalar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak da %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İncelenen öteki parametreler bakımından ise uygulamalar arasındaki farklılık önemli çıkmamıştır (Çizelge 1). Salkımdaki somak sayısı ve salkımdaki ilk meyve tutumu dışındaki tüm incelenen parametrelerde yıl x uygulama etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu da yıllara göre uygulamaların etkisinin farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Kök kısıtlamanın, Hafif Çukurgöbek yenidünya çeşidinde çiçeklenme ve meyve tutumu üzerine etkileri (2019-2020)

Yıllar	Uygulama	Çiçeklenme (%)	Salkımdaki ilk meyve tutumu (%)	Küçük meyve(%)	Derimi yapılan meyve (%)
2019	Kontrol	97.32	12.55	9.05	7.54
	Kök kısıtlama	98.38	14.30	8.71	7.13
2020	Kontrol	89.00	9.96	5.63	4.24
	Kök kısıtlama	89.65	9.57	5.65	4.48
Ort(Yıl)	2019	97.85 a	13.42 a	8.88 a	7.33 a
	2020	89.33 b	9.76 b	5.64 b	4.36 b
Ort(uyg)	Kontrol	93.16	11.25 b	7.34	5.89
	Kök kısıtlama	94.01	11.93 a	7.18	5.80
Önemlilik	LSD(yıl)	**	**	**	**
	LSD(uyg.)	ÖD	*	ÖD	ÖD
	LSD(yıl x uyg.)	ÖD	*	ÖD	ÖD

\*: Aynı stunda farklı harfler LSD testine göre % 1 veya % 5 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

Y: Önemli değil

Yenidünyalarda bu konuda yapılmış çalışmalar olmamakla birlikte başka bazı meyve türlerinde yapılan çalışmaların bulguları, araştırma bulgularımızla uyumlu bulunmaktadır. Nitekim, şeftali (Richards, 1986; Williamson ve Coston, 1990; Williamson ve ark., 1992) ve elmada (Myers, 1992) yapılan çalışmalarda, kök kısıtlamanın, ağacın kuvvetini azalttığı ve çiçek yoğunluğunu ise arttırdığı belirlenmiştir. Myers (1992), elmalarda ilk verim yılında çiçek salkımının ve dal başına meyve sayısının, kap boyutunun azalmasıyla doğrusal olarak

arttığını bildirmiştir. Aynı araştırmacı, hem elma hem de şeftali ağaçlarında kumaş torbalarla kök kısıtlamanın daha küçük ağaç boyutu, daha yüksek çiçek tomurcuğu sayısı ve meyve tutumunda da artış sağladığını belirlemiştir. Webster ve ark. (2000), köklerin çoğunu belirli bir toprak hacmi içinde sınırlayan kök kısıtlayıcı materyallerin, sürgün büyümesini büyük ölçüde azalttığını, çiçek tomurcuklarının sayısını artırdığını bildirmiştir.

### Çiçeklenme ve Meyve Tutum Oranları ile İlgili Bulgular

HCG yenidoğuşya çeşidinin çiçeklenme ile küçük meyve ve derimi yapılan meyve oranları üzerine kök kısıtlama uygulamasının etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak salkımdaki ilk meyve tutumu oranı, kök kısıtlama uygulamasında kontrole göre daha yüksek belirlenmiş ve uygulamalar arasındaki bu fark istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur. İncelenen tüm parametreler bakımından 2019 yılında 2020 yılına göre daha yüksek değerler elde edilmiş ve yıllar arasındaki bu farklılıklar istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kök kısıtlamanın Hafif Çukurgöbek yenidoğuşya çeşidinde salkım özellikleri üzerine etkileri ( 2019-2020)

Yıllar	Uygulama	Salkım Uzunluğu (cm)	Salk. somak sayısı (adet)	Salk. çiçek tomurcuğu sayısı (adet)	Salk. açan çiçek sayısı (adet)	Salk. ilk meyve tutumu (adet)	Küçük meyve (adet)
2019	Kontrol	19.47	21.39	154.59	150.50	19.35	13.79
	Kök kısıtlama	17.31	20.93	147.73	145.36	21.01	12.87
2020	Kontrol	17.45	10.28	156.88	139.59	15.70	8.88
	Kök kısıtlama	18.60	10.73	182.80	164.47	17.73	10.60
Ort(Yıl)	2019	18.39	21.16	151.16	147.93	20.18	13.33
	2020	18.02	10.51	169.84	152.03	16.72	9.74
Ort(uyg.)	Kontrol	18.46	15.84	155.73	145.05	17.53	11.34
	Kök kısıtlama	17.96	15.83	165.26	154.91	19.37	11.74
Önemlilik	LSD(yıl)	ÖD	**	**	ÖD	**	**
	LSD(uyg.)	ÖD	ÖD	**	**	**	ÖD
	LSD(yıl x uyg.)	*	ÖD	**	**	ÖD	**

\*: Aynı stunda farklı harfler LSD testine göre % 1 veya % 5 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

γ: Önemli değil

Yenidoğuşyalarda bu konuda yapılan çalışma olmamakla birlikte, Ross ve ark., (2008), kök kısıtlamasının, elmalarda ağaç büyümesini baskıladığı ve ağacın çiçeklenmesini artırdığını belirlemişlerdir. Myers (1992), elma ve şeftali ağaçlarında kök kısıtlamanın, ağacın boyutunu azaltırken meyve tutumunda artış sağladığını belirlemiştir.

### Vejetatif Büyüme ile İlgili Bulgular

Kök büyümesi kısıtlanan bitkilerin yıllık sürgün uzunluğu, anaç ve kalem gövde çapı, ilk dallanma-sürgün ucu ve aşı noktası-ana eksen ucu arasındaki değerleri, kontrole göre daha yüksek bulunmuş ve uygulamalar arasındaki bu farklılık istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu durum, kök büyümesi kısıtlanan bitkilerin, kontrol bitkilerine göre çok daha zayıf büyüdüğünü, yani kök kısıtlamanın çeşidi bodurlaştırdığını göstermektedir. İncelenen bütün bu parametreler bakımından gerek yılların, gerek yıl x uygulama interaksyonunun etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

Literatürde uzun süreli kök kısıtlamasının etkilerini bildiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Başta elma ve şeftaliler olmak üzere bazı meyve türlerinde yapılan çalışmaların bulguları ile uyumlu bulunmaktadır. Nitekim, şeftali (Richards, 1986; Williamson ve Coston, 1990; Williamson ve ark., 1992) ve elmada (Myers, 1992) yapılan çalışmalarda, kök kısıtlamanın, ağaç kuvvetinde azalma sağladığı ortaya konulmuştur. Ross ve ark., (2008), farklı kök kısıtlayıcı torba tiplerinin elma ağacının vejetatif büyümesi ve budanmasına etkisini karşılaştırmış ve kök kısıtlamasının, ağacın büyümesini baskılayarak budama ihtiyacını azalttığını belirlemiştir. Webster ve ark. (2000), kök büyümesini kısıtlayıcı zarların, sürgün büyümesini büyük ölçüde azalttığını bildirmektedir.

### Meyve Kalite Özellikleri ile İlgili Bulgular

Meyve ağırlığı, meyve en ve boyu ile tohum ağırlığı bakımından kök kısıtlaması yapılan bitkilerden, kontrol bitkilerine göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki bu farklılıklar istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 3. Kök kısıtlamanın Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinde çeşitli vejetatif büyüme parametrelerine etkisi (2019-2020).

Yıllar	Uygulama	Yıllık sürgün uzunluğu (cm)	Anaç çapı (mm)	Kalem çapı (mm)	Aşı noktası - İlk dallanma (cm)	İlk dallanma - Sürgün ucu (cm)	Aşı noktası - Ana eksen ucu (cm)
2019	Kontrol	57.63	23.34	20.16	13.07	68.23	79.50
	Kök kısıtlama	47.75	20.73	18.56	14.27	58.13	71.50
2020	Kontrol	65.02	43.15	41.09	11.00	148.30	159.30
	Kök kısıtlama	64.00	36.12	33.19	14.37	124.18	138.85
Ort(Yıl)	2019	52.69 b <sup>x</sup>	22.03 b	19.36 b	13.67 a	63.18 b	75.50 b
	2020	64.51 a	39.64 a	37.14 a	12.68 b	136.24 a	149.08 a
Ort(uyg.)	Kontrol	61.32 a	33.24 a	30.63 a	12.03 b	108.27 a	119.40 a
	Kök kısıtlama	55.88 b	28.43 b	25.88 b	14.32 a	91.16 b	105.18 b
Önemlilik	LSD(yıl)	**	**	**	**	**	**
	LSD(uyg.)	**	**	**	**	**	**
	LSD(yıl x uyg.)	**	**	**	*	**	**

<sup>x</sup>: Aynı stunda farklı harfler LSD testine göre % 1 veya % 5 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

Tohum sayısı, et/tohum oranı, asitlik ve pH değerleri de kök kısıtlaması yapılan bitkilerde daha yüksek ölçülmüş ancak uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. SÇKM ise kontrol uygulamasında kısmen daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kök kısıtlamanın Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinin meyve kalite özellikleri üzerine etkileri(2020)

Uygulama	Meyve ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)	Tohum ağırlığı (g)	Tohum Sayısı (adet)	Et/Tohum oranı	SÇKM (%)	Asitlik (%)	pH
Kontrol	18.32 b <sup>x</sup>	31.73 b	33.67 b	5.25 b	4.02	2.52	11.30	0.45	3.16
Kök kısıtlama	23.88 a	34.66 a	37.27 a	6.39 a	4.14	2.75	10.80	0.50	3.20
LSD	**	**	*	**	ÖD <sup>y</sup>	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

<sup>x</sup>: Aynı sütunda farklı harfler LSD testine göre %1 veya %5 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

<sup>y</sup>: Önemli değil.

Kök kısıtlamanın meyve boyutu üzerindeki etkisi yeterince açık değildir. Myers (1992), kök kısıtlaması yapılan ve yapılmayan bitkiler arasında ortalama meyve ağırlığında hiçbir fark bulamamıştır. Buna karşılık, Williamson ve Coston (1990), kök kısıtlamasının meyve çapında küçük bir azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Richards (1986), kök kısıtlamasının meyve ağırlığını bir yıl içinde azalttığını, ancak sonraki yılda bu etkinin görülmediğini belirlemiştir. Webster ve ark. (2000), kök kısıtlayıcı zararın, elmada meyve boyutunu azalttığını bildirmiştir.

#### Verim Parametreleri ile İlgili Bulgular

Çalışmada, bitki başına verim ve birim alana verim bakımından kök büyümesi kısıtlanan bitkilerden kontrol bitkilerine göre kısmen daha düşük değerler elde edilmiş ancak uygulamalar arasındaki bu kısmi farklılıklar istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. Buna karşın, birim gövde kesit alanına düşen verim bakımından kök büyümesi kısıtlanan bitkilerde, kontrol bitkilerine göre daha yüksek verim değeri elde edilmiş ve uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel yönden de önemli bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Kök kısıtlamanın Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinin meyve verim unsurları üzerine etkileri(2020).

Uygulama	Bitki başına verim (g)	Birim gövde kesit alanına düşen verim(g mm <sup>2</sup> <sup>-1</sup> )	Birim alana verim(kg da <sup>-1</sup> )
Kontrol	1051.75	0.81 b <sup>x</sup>	1051.75
Kök kısıtlama	1007.41	1.19 a	1007.41

<sup>x</sup>: Aynı sütunda farklı harfler LSD testine göre %1 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

<sup>y</sup>: Önemli değil.

Çalışmamızın bulguları, farklı meyve türlerinde yapılan çalışmaların bulguları ile uyumlu bulunmuştur. Nitekim, Richards (1986), küçük kök hacimlerinde yetiştirilen şeftali ağaçlar için nihai meyve veriminin biraz daha düşük olmasına karşın, kök büyümesini kısıtlamanın, meyve verimliliğinde (birim gövde kesit alanına verim) bir artış sağladığını belirlemiştir. Webster ve ark. (2000)'da kök kısıtlamanın, elmalarda yıllık verimi ve kümülatif verimi azalttığını bildirmiştir. Elmada yapılan başka bir çalışmada ( White, 1995), kök kısıtlaması uygulanan ağaçların, kontrol ağaçlarına göre daha düşük verime sahip olduğu ancak birim gövde kesit alanına düşen kümülatif verim ile verimlilik etkinliğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmalar, meyve ağaçlarının kök hacmini kısıtlamanın, vejetatif gücü kontrol etmek ve verimliliği artırmak için umut verici bir teknik olduğunu göstermektedir. Kök kısıtlayıcı torbalar, ağaç boyutunu kontrol etmek, erken çiçeklenmeyi ve verime yatmayı teşvik etmek ve meyve verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Çalışmamızda, HCG yenidoğuşa çeşidinin, vejetatif büyümesi, fenolojik özellikleri, çiçeklenme ve meyve tutum oranları ile meyve verim ve kalitesi üzerine kök kısıtlamanın farklı düzeylerde etkileri olduğu belirlenmiştir. Yıllık sürgün uzunluğu, kalem ve anaç çapı ile öteki vejetatif parametreler bakımından kök kısıtlaması yapılan bitkilerde, kontrole göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Çalışmada, birim gövde kesit alanına düşen verim bakımından kök büyümesi kısıtlanan bitkilerde, kontrol bitkilerine göre daha yüksek verim değeri elde edilmiş ve uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel yönden de önemli bulunmuştur. Bu bulgular, küçük taçlı ağaçlar ile sık dikim yapılarak birim alandan daha fazla ürün alma olanaklarının mümkün olduğuna ilişkin ümitvar bulunmuştur. Çalışmamızın bulguları, kök kısıtlamanın yenidoğuşalarda kullanımı açısından yeni bulgular olması bakımından, oldukça önemli ve değerlidir. Çalışmamızın bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, kök büyümesi kısıtlanan ağaçların kontrol ağaçlarına göre daha üstün sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak, bu bulgular kesin yargıya varılması bakımından yeterli olmadığından, çalışmanın birkaç yıl daha devam ettirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akkuş, S. and Polat A. A. 2020. Effects of quince rootstocks on phenological properties and fruit set rates in Hafif Çukurgöbek loquat cultivar. II. International Agricultural, Biological Life Science Conference, p.1120-1123.
- Akkuş, S., Polat, A.A. 2021. Investigation of vegetative growth, yield and fruit quality characteristics of 'Hafif Çukurgöbek' loquat cultivar grafted on different quince rootstocks. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3): 279-286.
- Akkuş, S., Polat, A.A. 2022. Effect of some Quince rootstocks on inflorescence properties, flowering and fruit set in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *KSU J. Agric Nat* 25 (2): 253-257.
- Anonim 2020. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, mgm.gov.tr (Erişim tarihi: 10.01.2021)
- Bek, Y. ve Efe, E. 1998. *Araştırma ve Deneme Metodları*. ÇÜZF. Ders Kitabı. No:71, Adana, 395s.
- Ferree, D.C., Schupp, J.R., Myers, S.C. 1992. Root pruning and root restriction of fruit trees - current review. *Acta Horticulturae* 322: 153-167.
- Ferree, D. C. and R. F. Carlson. 1987. Apple rootstocks. pp. 107-143 In: *Rootstocks for Fruit Crops*, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 494 p.
- Hansche, P.E., Beres, W., Darnell, R. 1986. Yield potential of peach trees dwarfed by the dw gene. *HortScience* 21(6): 1452-1453.
- Martin, G.C. 1989. Control of vegetative growth. In: *Manipulation offruiting*. (ed) C.J. Wright. London: Butterworth and Co Ltd. p 363-376.
- Myers, S. C. 1992. Root restriction of apple and peach with in-ground fabric containers. *Acta Horticulturae* 322: 215-219.
- Polat, A.A., Durgaç, C., Çalışkan, O. 2004. Effects of different planting space on the vegetative growth, yield and fruit quality of loquat. *Acta Horticulturae*, 632:189-195.
- Polat AA 2015. Effect of canopy orientation on flowering time and fruit set in loquat. *Acta Horticulturae*, 1092: 205-210.
- Polat, A.A., 2018. Effects of some Quince rootstocks on phenological properties and fruit set rates in Hafif Çukurgöbek loquat cultivar. The 9th International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2018", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 4-7 October 2018. pp: 488-492.
- Polat, A.A. 2021. Investigation on the usage of hawthorn (*Crataegus* spp) as rootstock for loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1): 86- 91.
- Polat, A.A. 2022a. Bazı anaçların Hafif Çukurgöbek yenidoğuşa çeşidinin makro ve mikro besin elementleri alımına etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1): 92-100.
- Polat, A. A. 2022b. Effect of hawthorn(*Crataegus* spp) rootstock on fruit quality in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) Proceedings of IV. Balkan Agriculture Congress, Edirne, Türkiye. p.250-254.

- Polat A.A. 2022c. Effects of hawthorn (*Crataegus* spp) rootstock on vegetative growth in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl). Proceedings of IV. International Agricultural, Biological & Life Science Conference, Agbiol, 511-514.
- Richards, D. 1986. Tree growth and productivity - the role of roots. *Acta Horticulturae* 175:27-35.
- Ross, E. Byers, David H. C and Leon D.C.2004. Root restriction, an alternative to rootstocks, for control of flowering, fruiting, tree growth, yield efficiency, and fruit quality of apple. *Journal of Tree Fruit Production*, 3 (2):11-31.
- Scorza, R. Lightner, G.W. Gilreath, L.E. Wolf, S.J. 1984. Reduced-stature peach tree growth types: pruning and light penetration. *Acta Horticulturae* 146: 159-164.
- Webster, A.D.,Altkinson,C.J.,Lucas,A.S.,Vaughan,S.P. and Taylor, L.2000. Interactions between root restriction, irrigation and rootstock treatments on the growth and cropping of 'Queen Cox' apple trees: Effects on orchard growth and cropping, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75:2, 181-189.
- White, M.D. 1995. The effects of root growth control using root restricting bags on the growth, fruitfulness, and fruit calcium concentrations and contents of apple (*Malus x domestica* Borkh. cv. 'Fuji'). Lincoln University, Master Thesis.
- Williamson, J.G. and Coston, D.C. 1990. Planting method and irrigation rate influence vegetative and reproductive growth of peach planted at high density. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(2):207-212.
- Williamson, J. G., Coston, D. C. and Cornell, J. A.1992. Root restriction affects shoot development of peach in a high-density orchard. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 17:362-367.

## Gıda Gruplarına Göre Gıda Atık Esnekliği; Konya Örneği

Zeki BAYRAMOĞLU<sup>1\*</sup>, Seda SUBAŞI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Konya

\*Sorumlu Yazar: [zbayramoglu@selcuk.edu.tr](mailto:zbayramoglu@selcuk.edu.tr)

Geliş Tarihi: 04.12.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.04.2023 Kabul Tarihi: 27.04.2023

### ÖZ

Gıda atığı; insan tüketimi için üretilen gıdaların tedarik zincirinde (üretim, hasat, taşıma ve diğer aşamalar) ve nihai tüketim noktalarında amaçlandığı biçiminin dışına çıkan ürünlerin miktarındaki azalmayı ifade etmektedir. Atık miktarları; nüfus, gelir, eğitim, cinsiyet, medeni durum, kültürel yapı, inançlar ve gıda grupları itibarıyla farklılık arz etmektedir. İnsanların temel besin ihtiyaçlarını karşılayan gıdalar biyolojik olarak bozulabilir nitelikte olmaları ve depolama olanaklarının sınırlı olması nedeni ile atık miktarını etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle gıda arz zincirinin kontrol altına alınması ve atık miktarının minimize edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda gıda atık yönetmeliklerinin takip edilerek atıkların gruplar halinde toplanması ve işlenmesi gereken yerlere en kısa zamanda ulaştırılması gerekmektedir. Oluşan atıkların çöp oluşmasını engellemek ve geri kazanımları sağlanarak hem bireysel hem bütünsel fayda sağlaması amaçlanmaktadır. Atık oluşumunun önlenmesinde en küçük ancak etki düzeyi yüksek grup, hanehalklarıdır. Bu nedenle hanehalkları başta olmak üzere tarım işletmelerinde, hal esnaflarında, perakende sektöründe bilinç oluşturularak atık oluşmasına yönelik eylemler için çalışmalar yürütülmelidir. Bu çalışma kapsamında Konya ilinde gıda grupları itibarıyla gıda atık esnekliğinin hesaplanması amaçlanmıştır. Konya ilinde toplamda 1.300.000 insan yaşamakta olup basit tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenen 270 tüketici ile görüşülmüş ve tüketici gelirleri ile atık miktarları kullanılarak esnekliğin hangi yönde olduğu sonucuna varılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma içerisinde gelir gruplarına göre atık esnekliği ürün çeşitlerine göre satın alma ve atık miktarlarında azalma ya da artma göstererek esneklik göstermektedir. Esneklik oranlarının önemli bir bölümü pozitif ve 1'den küçüktür. Negatif esneklik gelir gruplarına göre ağırlıkta süt ve süt ürünlerinde görülürken bazı gelir gruplarında da negatif esnekliğe rastlanmaktadır. Atık esnekliğinin yüksek olduğu ürünlerin et ve et ürünleri ile sebzeler olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atık yönetimi, geri dönüşüm, gıda esnekliği, gıda atığı.

## Food Waste Flexibility According To Food Groups; Konya Example

### ABSTRACT

Food waste; It refers to the reduction in the amount of products that go beyond their intended form in the supply chain (production, harvesting, transportation and other stages) of food produced for human consumption and at the final consumption points. Waste quantities; It differs in terms of population, income, education, gender, marital status, cultural structure, beliefs and food groups. Foods that meet the basic nutritional needs of people are an important factor affecting the amount of waste because they are biodegradable and their storage possibilities are limited. For this reason, it is necessary to control the food supply chain and minimize the amount of waste. In this direction, it is necessary to follow the food waste regulations and collect the wastes in groups and deliver them to the places where they need to be processed as soon as possible. It is aimed to prevent the wastes from forming garbage and to provide both individual and holistic benefits by recycling them. Households are the smallest but most influential group in preventing waste generation. For this reason, studies should be carried out for actions towards waste generation by raising



awareness in agricultural enterprises, shopkeepers and retail sector, especially in households. Within the scope of this study, it is aimed to calculate the food waste flexibility by food groups in Konya. A total of 1.300.000 people live in Konya and 270 consumers determined according to simple random sampling method were interviewed and it was tried to conclude in which direction the flexibility was by using consumer incomes and waste amounts. In the study, waste flexibility according to income groups shows flexibility by decreasing or increasing in purchasing and waste amounts according to product types. Most of the elasticity ratios are positive and less than 1. While negative elasticity is seen mostly in milk and dairy products according to income groups, negative elasticity is also observed in some income groups. It has been determined that the products with high waste flexibility are meat and meat products and vegetables.

**Key words:** Waste management, recycling, flexibility food, food waste.

## GİRİŞ

Gıda, insanın temel ihtiyacı olup, insanların varoluş ve işlevselliği için önem arz etmektedir. Bu nedenle bu işlevsellik sadece yaşamı değil içerisinde bulunduğu çevreyi, toplumu ve ekonomiyi etkilemektedir. Gıda atık ve kayıpları çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği doğrudan tehdit ettiği için küresel bir sorun olmuş ve çözüm yolları arayışına girilmiştir. Gıda ihtiyacının karşılandığı tarım sektörü; ülke nüfusunun yaşamını sürdürebilmesi, milli gelire ve istihdama katkısı, diğer sektörlerle hammadde ve sermaye sağlaması, ihracata doğrudan ve dolaylı olarak etkisi ve biyolojik çeşitlilik ile ekolojik dengeye olan katkısı nedeniyle tüm dünyada önemli bir sektördür. Tarım işlevselliği sonucunda ortaya çıkan gıdaların tüketim aşamasında kayıp ve atıklar oluşmaktadır. Atık, sıfır atık yönetmeliğinde üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi madde veya materyali olarak ifade edilmektedir. Gıda atığı ise; insan tüketimi için oluştuktan sonra tarladan tabağa geçen süre içerisinde meydana gelen ürün miktarındaki azalmayı ifade etmektedir.

Gıda atıkları ile ilgili çeşitli yönetmelikler bulunmaktadır. Bunlar; atık yönetim yönetmeliği, sıfır atık yönetmeliği ve katı atık kontrolü yönetmeliğidir. Aynı konunun gruplara ayrılarak farklı yönetmeliklerce takip edilmesi gıdaların farklı gruplandırılarak detaylı ve sistematik ilerlenmesi yönünde etkili olmaktadır. Atık yönetim yönetmeliği; atıkların oluşumundan bertaraf edilmesine kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetimin sağlanması, atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması, atık yönetiminin sağlanması, piyasa denetimi ve gözetimini amaçlamıştır. Sıfır atık yönetmeliği; hammadde ve doğal kaynakların etkin yönetimi ile sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda atık yönetim süreçlerinde çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedefleyen sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasına, yaygınlaştırılmasına, geliştirilmesine, izlenmesine, finansmanına, kayıt altına alınarak belgelendirilmesine ilişkin genel ilke ve esasların belirlenmesini sağlamaktadır (Anonim, 2019). Katı atık kontrolü yönetmeliği; her türlü atık ve artığın çevreye zarar verecek şekilde, doğrudan ve dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması, uzaklaştırılması vb. faaliyetleri yasaklanması, çevreyi olumsuz etkileyecek olan tüketim maddelerinin idaresini disiplin altına alarak ekolojik dengeyi ve doğal zenginlikleri korunmasına yönelik politika belirlenmesidir (Anonim, 2015).

Katı atık kontrol yönetmeliği, sıfır atık yönetmeliği ve atık yönetim yönetmeliği doğrultusunda atıkların engellenmesi ve değerlendirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Sıfır atık yönetim sistemi şeması doğrultusunda mevcut atık, Türkiye’de altı adımda hedefe ulaştırılmaktadır. Bunlar; ilk olarak atığın azaltılması ve önlenmesidir. Önlenemeyen atıkların kaynağında gruplar halinde toplanması vardır. Toplanan atıklar geçici depolara taşınarak muhafazası sağlanır. Depolarda kayıt altına alınan atıklar konteynirlara taşınır. Birikmeleri neticesinde çevre lisanslı atık işleme tesislerine gönderilir ve son aşamada organik atıklardan kompost elde edilmesi veya belediyenin kompost ile biyo-metanizasyon tesisine gönderilmesiyle son bulmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi ile oluşan meyve ve sebze atıklarından çok yönlü fonksiyonel gıdalar elde etmek ve bu gıdalarla farklı ürünlerin uygulaması üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Elde edilen çalışmalar neticesinde, farklı meyve atıklarının posaları, örneğin elma posası (15,16) lif kaynağı olarak un mamullerine eklenerek bu gıdaların fiziksel ve kimyasal derecelerinin artırılması yönünde sonuçlara ulaşmaya çalışılmaktadır.

İnsanın yaşamının sürdürülebilmesi için ve gelişimin gerektirdiği enerji ve besin öğelerini tek bir gıda ile vücudumuza almamız mümkün değildir. Bunun temel sebebi her besin, içeriğinde barındırdığı besin öğeleri açısından farklılık göstermesidir. Ancak bazı gıdalar, içerik bakımından birbirine benzediğinden birbirlerinin yerlerine geçebilmektedir (Toprak ve ark., 2002; Baysal ve ark., 2009). Bu nedenle bu işlevsellik sadece yaşamı değil içerisinde bulunduğumuz çevreyi, toplumu ve ekonomiyi etkiler. Gıda atık ve kayıpları çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği tehditte doğrudan rol aldığı için dünya genelinde dikkat çekilen küresel bir sorun

olmuş ve çözüm yolları arayışına girilmiştir. Bu kapsamda çalışmada Türkiye’de oluşan gıda atıklarının incelenmesi amaçlanmış ve gelir gruplarına göre gıda atık elastikiyetinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Çalışmanın ana materyalini anket yöntemi ile hanehalklarından elde edilen birincil veriler oluşturulmuştur. Çalışma alanı olarak tarım bölgesi olması ve çeşitli gıda ürünlerine ulaşma kolaylığı olması sebebiyle Konya ili belirlenmiştir. Konya ili üç merkez ilçeden oluşan şehir merkezinde yaşayan hane halkları çalışmanın popülasyonu olarak belirlenmiştir. Bu ilçelerin sosyo-ekonomik özellikleri birbirine benzemektedir. Konya şehir merkezinde 1.194.024 kişi yaşamakta olup basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile anket uygulama yapılacak denek sayısı belirlenmiştir. Bu amaca yönelik olarak aşağıdaki örneklem formülü kullanılmıştır (Karagölge ve Peker, 2002; Oğuz ve Karakayacı, 2017).

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

Formülde;

n= Örnek Hacmi

N = Popülasyondaki birey sayısı

$\sigma^2$  =Oran varyansı

P=0,5

Bu denklem kullanılarak % 90 güven aralığında ve % 5 hata payı ile 270 örnek belirlenmiştir. Verilerin elde edilmesinde anket soru formları kullanılmıştır. Soru formları hane halklarının gelir düzeyleri, gıda tüketim gruplarına göre harcama düzeyleri, tüketim aşamasındaki atık ve kayıpların belirlenmesi, gıda atık ve kayıp azaltma yöntemleri gibi sorulardan oluşmaktadır.

Çalışma kapsamında hanedeki toplam gelir durumu dikkate alınarak tüketicilerin gıda atıkları-kayıpları 6 grupta incelenmiştir. Gelir grup dağılımları ilçe nüfus yoğunluklarına göre belirlenmiş olup; 1. grup içerisinde toplam geliri 2.370 TL’den az olan, 2. grupta 2.371-3.500 TL arası gelire sahip, 3. grupta 3.501-5.000 TL arası gelire sahip, 4. grupta 5.001-7.500 TL arası gelire sahip, 5. grupta 7.501-10.000 TL arası gelire sahip ve 6. grupta ise 10.000 TL’nin üzerinde gelire sahip tüketiciler yer almaktadır. Selçuklu, Meram ve Karatay ilçeleri kapsamında gelir grupları ayrıştırılmıştır bununla birlikte Meram ilçesi 6. gelir grubuna ait tüketicilerin varlığına denk gelinmemiştir.

Elde edilen veriler ile çalışmanın amacı doğrultusunda gıda atık ve kayıpların gelir gruplarına göre değişimini veren “gıda atık ve kayıpların gelir elastikiyeti” hesaplanmıştır. Bu amaca yönelik olarak her bir tüketilen mal grubu için atık ve kayıplar belirlenmiş ve bu atık ve kayıpların gelir gruplarına göre gıda atık elastikiyeti hesaplanmıştır.

$$GAE = \frac{\frac{GA_2 - GA_1}{GA_1}}{\frac{HG_2 - HG_1}{HG_1}}$$

GAE = Gıda Atık Elastikiyeti

GA= Aylık Gıda Atık Miktarı

HG= Aylık Hane Halkı Geliri

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bir toplumda gıda ürünlerinin tüketim miktarlarını ve alışkanlarının üzerinde en etkili olan faktörler sosyal ve ekonomik yönlüdür. Ekonomik faktörlerin başında gelen toplam gelir, çalışma kapsamında incelendiğinde 2.370 TL’den az geliri olan bölgeleri 1. grup, 2.370-3.500 TL arası geliri olan bölgeleri 2.grup, 3.5001-5.000 TL arası gelir grubu 3. grubu, 5.001-7.500 TL gelir durumu 4. grubu, 7.5001-10.000 TL arası 5. grubu, 10.000 TL’den fazla gelir durumu ise 6. grubu oluşturmaktadır. Araştırma bölgeleri içerisinde en fazla orana sahip gelir grubu %39,72 ile Meram bölgesinin 2. gelir grubu olduğu görülmektedir. Genel olarak araştırma bölgeleri ve gelir durumları incelendiğinde hanelerdeki toplam gelir durumunun en yoğun olduğu grup 3. grup olan 3.5001-5.000 TL arası geliri olan hanelerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Hanehalklarında Toplam Gelir

İlçeler	2.370'ten az	2.370-3.500	3.501-5.000	5.001-7.500	7.501-10.000	Daha fazla
Selçuklu	9,67%	18,54%	25,80%	25,00%	17,74%	3,22%
Meram	9,58%	39,72%	27,39%	15,06%	8,21%	0,00%
Karatay	20,54%	34,24%	26,02%	13,69%	2,73%	2,73%
Ortalama	13,26%	30,83%	26,40%	17,92%	9,56%	2,98%

Gıda tüketimini etkileyen demografik faktörlerin başında ise hanehalklarının eğitim düzeyi gelmektedir. Bireylerin eğitim düzeyi ile çevre ve doğaya olan duyarlılıkları pozitif yönlü bir ilişkide olduğu bilinmekte olup yapılan çalışma da Konya ili Merkez ilçelerinde eğitim düzeyinin yükselmesine bağlı olarak gelirlerin arttığı söylenebilir.

Çizelge 2. Tüketicilerin Okur Yazar Durumu

İlçeler	Gelir Grupları	Okuryazar Değil	Okuryazar	İlkokul	Ortaokul	Lise	Üniversite	Lisansüstü	Toplam
Selçuklu	1.Grup	-	-	25,00	-	33,33	33,33	8,33	100,00
	2.Grup	-	-	34,78	-	21,74	39,13	4,35	100,00
	3.Grup	3,13	-	15,63	3,13	43,75	34,38	-	100,00
	4.Grup	-	-	6,45	9,68	35,48	48,39	-	100,00
	5.Grup	-	-	-	13,64	27,27	45,45	13,64	100,00
	6.Grup	-	-	-	-	-	100,00	-	100,00
	Ortalama	0,52	-	13,64	4,41	26,93	50,11	4,39	100,00
Meram	1.Grup	-	-	100,00	-	-	-	-	100,00
	2.Grup	-	6,90	31,03	34,48	27,59	-	-	100,00
	3.Grup	-	-	50,00	30,00	10,00	10,00	-	100,00
	4.Grup	-	-	-	-	54,55	45,45	-	100,00
	5.Grup	-	-	-	-	50,00	50,00	-	100,00
	6.Grup	-	-	-	-	-	-	-	100,00
	Ortalama	-	1,38	36,21	12,90	28,43	21,08	-	100,00
Karatay	1.Grup	26,67	6,67	33,33	13,33	13,33	6,67	-	100,00
	2.Grup	-	-	32,00	20,00	28,00	20,00	-	100,00
	3.Grup	-	-	31,58	10,53	21,05	31,58	5,26	100,00
	4.Grup	-	-	40,00	-	20,00	30,00	10,00	100,00
	5.Grup	-	-	50,00	-	50,00	-	-	100,00
	6.Grup	-	-	-	-	-	-	100,00	100,00
	Ortalama	4,44	1,11	31,15	7,31	22,06	14,71	19,21	100,00

Türkiye’de gıdaların tüketimi mevsimlere, bölgelere ve satın alma durumlarının yanı sıra, tüketim alışkanlıklarına göre de değişkenlik göstermektedir (Uzundikme ve Çakıroğlu, 2007; Sipahi, 2014). Gıdaların aylık tüketim miktarları ile aylık atık miktarları Çizelge 3 ve Çizelge 4’te gösterilmiştir. Bu doğrultuda inceleme gruplarında bulunan unlu mamuller, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, sebze ve meyve miktarlarının gelir gruplarına göre tüketilen ve atılan miktarları incelenmiştir. Besin seçimi ve beslenme alışkanlıklarının yanı sıra gelir seviyesi de gıda türünün seçimini etkilemektedir. Söz konusu çalışmadan farklı olarak başka bir çalışmada sosyoekonomik düzey yükseldikçe hayvansal kaynaklı besin tüketimi, yağ alımı ve şeker tüketimi artarken; tahıl, sebze ve meyve tüketiminin azaldığı gösterilmiştir (Bermudez ve Tucker, 2003; Du ve ark., 2004). Dünya genelinde ekmek tüketimi; ülkelerin gelişmişlik düzeyi, nüfusu, bulunulan coğrafi konumun özellikleri gibi etkenlere göre değişiklik arz etmektedir (Capone ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmaya göre en fazla ekmek tüketen üç ülke ABD, Çin ve Rusya şeklinde tespit edilmiştir (Memiş, 2019). Türkiye ise, 2015 yılı verilerine göre ekmek tüketiminde dokuzuncu sırada yer almaktadır. Söz konusu çalışma içerisinde unlu mamuller incelendiğinde en yüksek gelir grubu olan 6. gelir grubunda aylık 50 adet alınmış olan ekmeğin yaklaşık 5 adeti atıktır. Yine bu gruba ait olan kurabiye çeşidinde tüketim olmasına rağmen atık oluşmamıştır. Atık oluşmama durumu tatlı, lavaş-yufka gıdalarında da görülmüştür. Yapılan diğer araştırmalar incelendiğinde sadece ekmek, kırmızı et, sıvı yağ tüketiminin yazın kışa göre daha fazla olduğu görülmüştür (Tönük ve ark., 1987).

Süt ve süt ürünleri grubu incelendiğinde 4. gelir grubundaki tüketicilerin daha çok süt ve süt ürünü almasına rağmen 2. ve 5. gelir gruplarının atık oranından daha az olduğuna rastlanmıştır. Süt ve süt ürünleri

içerisinde süt, yoğurt ve peynir çeşitlerinin tereyağına kıyasla daha fazla atık ürün olduğu görülmüştür. Baysal (1999) çalışma sonucunda ise makarna, bulgur, pirinç vb. diğer tahıl ürünlerinin, kuru bakliyat süt-yoğurt-peynir, şeker ve tatlıların tüketim miktarları mevsimsel farklılık göstermekte ve kışın daha çok tüketildiği görülmüştür. Kışın protein ve besleyici yönü kuvvetli olan gıdaların tüketimi daha çok talep görmektedir. Ülke iklim şartları gereği üretilen meyve ve sebze dönemlik süreleri vardır. Her meyve ve sebze doğal üretim şartlarına bağlı olarak 12 ay üretimi yapılamamaktadır.

Et ve et ürünleri grubu incelendiğinde beyaz et grubundaki tüketim miktarı ve atım miktarı diğer çeşitlere göre fazladır. 6. gelir grubunun sosis çeşidinde ve 2-3 ve 6. gelir gruplarının salam çeşidinde tüketim olmuşken tüketim tercih düzeyi yüksek olduğu için atık oluşmamıştır.

Sebze gruplarına bakıldığında gıda ürünleri içerisinde ekmekten sonra tüketimi en çok yapılan grup olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllar içerisinde besin tüketim eğilimi incelendiğinde taze sebze ve meyve tüketiminin azaldığı; kuru bakliyat, yumurta ve şeker tüketiminin ise arttığı söylenebilir (Pekcan, 2000). Ancak çalışma incelendiğinde sebze gruplarının fazla tüketildiği görülmekte bu da sağlıklı yaşama önem verdiklerini göstermektedir. Gelir grupları içerisinde farklılık olmasına rağmen sebze türünün kendi çeşitliliği arasında tüketim çok fazla değişiklik göstermemiştir. Bu kadar tüketimin yanı sıra atık miktarına bakıldığında atık ürünlerin miktar değişikliği gelir bazında aynı iken ürün bazında değişiklik göstermektedir. En çok tüketimi yapılan ürün olan domates, salatalık, patates, fasulye de birçok etkene bağlı olarak atık miktarları da fazlalık göstermektedir. Tüm sebze ve meyvelerin besin değeri içeriği ve ekonomik durum açısından mevsiminde, bol ve ucuz bulunduğu zamanlarda tüketilmesi daha uygun olacaktır. Vücut için gerekli besin öğeleri zamanında ve yeterli miktar alınmadığı takdirde hastalıklara karşı direnç azalacak, hastalığın tedavisi uzun sürecek, zor ve pahalı bir süreç başlayacaktır (Tohill ve Joint, 2005).

Yeşillikler söz konusu olduğunda ise tüketim farklılığının gelirden kaynaklı olmadığını çeşit değişikliği üzerinde etkili olduğu durumu açığa çıkarmaktadır. Tüm gelir gruplarının istedikleri çeşide ulaşabildikleri söylenebilir. Atık miktarına bakıldığında ise atık miktarının diğer çeşitlere kıyasla daha fazla olduğu görülmekle birlikte en fazla tüketim ve atık teredir.

Meyve çeşitleri incelendiğinde sebze ve yeşillik için söylenen durum meyvede de ortaya çıkmaktadır. Gelir grupları arasında meyve tüketiminde dalgalanmaların olmasına rağmen 1. ve 6. gelir grupları dâhil hepsi meyvelere ulaşabilmektedir. Atık durumuna bakıldığında meyve çeşitleri arasında en çok tercih edilenlerin atığa daha çok maruz kaldığı araştırma sonucu görülmüştür. Karpuz, kavun, portakal, mandalina meyveleri tercih düzeyleri yüksek olanın yanında atık miktarlarının da fazla olduğu görülmektedir. Adıgüzel ve Kızılaslan (2015) araştırmasında mandalina %98,53, portakal %98,16, limon %95,96, muz %92,65, greyfurt %26,10 ve hurmanın %36,40 oranlarla hane halkları tarafından tercih edilen ve alışkanlık haline gelmiş meyveler olduğu görülmüştür. Farklı sosyo-ekonomik düzeylerdeki ailelerin mevsimlere göre meyve tüketimleri incelendiğinde; Greyfurt %7,0 ve %15,7, Narı %50,3 ve %60,4 ve Kivi %26,9 ve %41,5 yalnızca sonbahar-kış dönemlerinde, Böğürtleni %22,2 ve %10,1, Karpuzu, Kavunu, Şeftaliyi %100,0, Nektari %67,3 ve %90,6 ve Yenidünya 26,9 ve %54,7 ise yalnızca ilkbahar-yaz döneminde tükettikleri sonucuna varılmıştır. Araştırmaya katılan bireylerin mevsimlere göre sebze ve meyve tüketimleri farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda, bireylerin sosyo-ekonomik durumlarına göre sebze ve meyve tüketimlerinde de farklılıklar oluşmaktadır (Onur ve ark., 2017).

İçecek gruplarının da tüketim ve atık durumları incelendiğinde içecek çeşidinde maden suyunun tüm çalışma gruplarında yoğun talep görmesi ile atık oluşmadığı görülmüştür. Diğer içecek çeşitlerinin de atık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni içecek gruplarının bütün gıdaların yanında tüketiminin rahat olması, paketli ve tek kullanımlık boyutlarının olması ve tüketicilere kolay kullanım sağlamasıdır.

Çizelge 3. Hane Halkının Gelir Gruplarına Göre Aylık Gıda Tüketim Miktarı

Aylık Alınan Miktar		Gelir Grupları						
Ürünler		1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup	Ort.
Unlu Mamuller (Adet)	Ekmek	39,00	39,56	40,84	42,08	39,44	50,64	42,00
	Pasta	5,20	6,76	6,48	6,44	9,28	11,20	7,56
	Kurabiye	3,72	3,80	6,08	5,80	8,32	4,00	5,28
	Tatlı	4,84	4,44	5,16	5,20	6,48	4,00	5,04
Süt ve Süt Ürünleri (Kg)	Lavaş-Yufka	7,04	8,00	8,52	8,40	8,00	8,00	8,00
	Süt (lt)	9,20	10,12	9,48	10,76	9,60	8,00	9,52
	Peynir	4,56	4,92	5,32	5,20	5,36	4,32	4,96
	Yoğurt	6,44	6,12	6,52	6,36	6,84	5,32	6,28
Et ve Et Ürünleri (Kg)	Tereyağı	3,20	3,16	4,08	3,68	5,44	3,20	3,80
	Kırmızı Et	4,12	4,60	4,72	4,72	6,56	6,00	5,12
	Beyaz Et	11,48	11,32	11,56	11,32	13,00	11,32	11,68
	Sucuk	2,92	2,68	3,16	3,32	4,68	3,28	3,36
	Sosis	3,28	2,64	3,36	3,56	5,52	3,04	3,56
	Salam	2,88	2,64	3,36	3,56	5,52	3,04	3,52
	Domates	8,88	9,80	10,76	9,04	9,56	8,00	9,36
	Salatalık	8,76	9,72	10,80	9,20	9,56	8,00	9,36
	Biber	8,48	9,44	10,52	8,72	9,12	7,32	8,92
	Patlıcan	8,64	9,80	10,88	8,96	10,00	8,00	9,40
Sebzeler (Kg)	Kabak	9,08	8,44	9,28	8,00	8,48	10,00	8,88
	Fasulye	9,84	9,20	9,92	8,96	8,92	11,20	9,68
	Ispanak	8,60	9,84	10,04	8,72	9,28	6,40	8,80
	Patates	10,96	10,16	10,12	10,72	10,72	13,32	11,00
	Soğan	10,96	10,16	10,12	10,72	10,72	13,32	11,00
	Lahana	2,40	2,64	2,80	3,32	3,52	3,32	3,00
	Karnabahar	2,20	2,48	2,44	3,00	2,84	3,32	2,72
	Pırasa	9,28	9,00	10,12	8,52	8,16	8,80	9,00
Yeşillikler (Adet)	Marul	4,88	5,12	5,24	5,04	5,28	4,00	4,92
	Maydanoz	4,88	5,12	5,24	5,04	5,28	4,00	4,92
	Tere	5,92	5,28	5,88	5,84	7,44	5,32	5,96
	Roka	6,04	5,24	5,12	5,12	5,56	6,00	5,52
	Diğerleri	6,28	5,32	5,32	5,44	6,16	8,00	6,08
	Elma	6,56	6,08	6,04	6,16	6,84	6,64	6,40
	Portakal	6,56	6,08	6,04	6,16	6,84	6,64	6,40
	Mandalina	6,80	6,52	6,28	6,32	7,44	8,00	6,88
Meyveler (Adet)	Armut	6,04	6,84	6,64	6,48	8,28	6,00	6,72
	Kavun	6,32	5,80	6,24	5,68	7,00	7,32	6,40
	Karpuz	5,80	5,80	6,16	5,52	6,56	6,64	6,08
	Çilek	3,84	4,08	4,52	3,96	5,64	4,00	4,36
	Şeftali	3,84	4,08	4,52	3,96	5,64	4,00	4,36
	Kiraz	4,32	4,12	4,40	4,64	5,64	5,68	4,80
	Muz	4,16	3,88	4,28	4,56	5,36	5,00	4,56
	Erik	4,32	4,08	4,44	4,72	5,72	5,68	4,84
	Kayısı	4,20	3,88	4,28	4,60	5,40	5,00	4,56
	Limon	4,20	3,80	4,12	4,44	4,96	5,00	4,44
	Vişne	4,32	4,08	4,44	4,72	5,72	5,68	4,84
	Ananas	2,64	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,76
İçecek Çeşitleri (Lt)	Madensuyu	36,60	32,48	39,60	36,20	41,04	51,32	39,56
	Meyve Suyu	8,40	8,40	8,12	7,64	8,80	9,00	8,40
	Limonata	8,40	8,40	8,12	7,64	8,80	9,00	8,40
	Diğer Gazlı İçecekler	8,52	9,04	7,76	8,24	8,44	7,20	8,20

Çizelge 4. Hane Halklarının Gelir Gruplarına Göre Aylık Atık Miktarı

Aylık Atık Miktarı		Gelir Grupları						Ort.
Gelir Grupları		1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup	
Unlu Mamuller (Adet)	Ekmek	2,93	3,43	2,91	2,58	2,33	4,56	3,11
	Pasta	0,57	0,63	0,82	0,58	0,72	1,12	0,77
Süt ve Süt Ürünleri (Kg)	Süt (Lt)	0,52	0,66	0,51	0,60	0,66	0,51	0,56
	Peynir	0,29	0,30	0,34	0,27	0,23	0,29	0,29
	Yoğurt	0,36	0,24	0,20	0,16	0,26	0,35	0,23
	Tereyağı	0,03	0,00	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04
Et ve Et Ürünleri (Kg)	Kırmızı Et	0,11	0,10	0,11	0,14	0,17	0,12	0,13
	Beyaz Et	0,37	0,35	0,46	0,37	0,46	0,38	0,40
	Sucuk	0,02	0,04	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03
	Sosis	0,02	0,04	0,03	0,03	0,05	0,00	0,04
	Salam	0,02	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,04
	Domates	0,59	0,62	0,72	0,63	0,68	0,60	0,63
	Salatalık	0,52	0,59	0,67	0,55	0,64	0,59	0,58
	Biber	0,53	0,58	0,63	0,49	0,60	0,59	0,54
	Patlıcan	0,50	0,56	0,64	0,57	0,66	0,64	0,57
	Kabak	0,49	0,43	0,52	0,41	0,43	0,63	0,47
Sebzeler (Kg)	Fasulye	0,61	0,56	0,62	0,58	0,56	0,90	0,61
	Ispanak	0,47	0,52	0,51	0,43	0,45	0,30	0,45
	Patates	0,47	0,51	0,46	0,54	0,51	0,98	0,53
	Soğan	0,48	0,52	0,47	0,55	0,55	0,98	0,55
	Lahana	0,18	0,22	0,25	0,29	0,22	0,14	0,24
	Karnabahar	0,17	0,21	0,23	0,28	0,19	0,14	0,23
	Pırasa	0,38	0,19	0,50	0,39	0,56	0,38	0,43
	Marul	0,51	0,59	0,65	0,52	0,44	0,31	0,54
	Maydanoz	0,49	0,55	0,62	0,50	0,38	0,21	0,51
	Tere	0,59	0,56	0,70	0,58	0,54	0,28	0,61
Yeşillikler (Adet)	Roka	0,60	0,56	0,61	0,51	0,41	0,32	0,57
	Diğerleri	0,32	0,11	0,34	0,32	0,21	0,28	0,34
	Elma	0,39	0,38	0,32	0,35	0,30	0,33	0,36
	Portakal	0,44	0,39	0,34	0,39	0,38	0,39	0,39
	Mandalina	0,44	0,48	0,37	0,37	0,46	0,67	0,45
	Armut	0,34	0,42	0,48	0,40	0,57	0,62	0,44
	Kavun	0,48	0,47	0,53	0,65	0,49	0,32	0,55
	Karpuz	0,50	0,47	0,51	0,65	0,48	0,37	0,53
	Çilek	0,28	0,22	0,27	0,25	0,32	0,23	0,26
	Şeftali	0,28	0,22	0,27	0,25	0,32	0,23	0,26
Meyveler (Kg)	Kiraz	0,32	0,22	0,26	0,30	0,32	0,33	0,29
	Muz	0,30	0,20	0,26	0,29	0,30	0,29	0,28
	Erik	0,32	0,22	0,27	0,30	0,32	0,33	0,29
	Kayısı	0,31	0,20	0,26	0,30	0,31	0,29	0,28
	Limon	0,31	0,20	0,25	0,29	0,28	0,29	0,27
	Vişne	0,32	0,22	0,27	0,30	0,32	0,33	0,29
	Ananas	0,26	0,23	0,39	0,40	0,37	0,38	0,36

Çizelge 5'te unlu mamuller, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, sebze ve meyve miktarlarının gelir gruplarına göre oluşan atık miktarlarındaki elastikiyetler incelenmiştir. İlk olarak unlu mamullerin elastikiyeti incelendiğinde dördüncü grup dışında tüm gelir gruplarında elastikiyet 0-1 arasında belirlenmiştir. Buna göre Hanehalkı geliri arttıkça gıda atık miktarı gelir artışı oranından daha az oranda artmaktadır. Diğer bir ifadeyle gelir artışı oranına göre daha az atık miktarı oluşmaktadır. Dördüncü gelir grubunda ise unlu mamullerin elastikiyeti -0,1716 olarak hesaplanmıştır. Buna göre gelir arttıkça gıda atık miktarı mutlak olarak azalmaktadır. Süt ve süt ürünleri grubunda ise ikinci, üçüncü ve dördüncü gruptaki hanehalklarında elastikiyet 0'dan küçük olarak belirlenerek gelirin artmasına bağlı olarak süt ve süt ürünlerinde atık miktarının mutlak olarak azaldığı söylenebilir. Beşinci ve altıncı grupta ise süt ve süt ürünleri grubunda oluşan atık miktarındaki artış miktarı Hanehalkı gelirinin artış oranından daha az oranda arttığı gözlemlenmiştir. Et ve et ürünlerinde ise üçüncü ve altıncı gruptaki hanehalklarında atık miktarının mutlak olarak azaldığı söylenebilirken diğer gruplarda atık miktarındaki artış oranı gelir artışından daha düşük gerçekleşmektedir. Sebze ürünlerinde ise ikinci, dördüncü ve beşinci grup hanehalklarında gelirin artmasına bağlı olarak atık miktarı mutlak olarak azalırken ikinci ve altıncı

grup hanehalklarında gelirdeki artış oranından daha az oranda atık gıda oluşmaktadır. Son olarak meyvelerde ise ikinci ve altıncı grup hanehalklarında mutlak bir gıda atık miktarı azalması görülürken üçüncü, dördüncü ve beşinci grup hanehalklarında gelir artıkça gelir artış oranından daha az oranda artış olacağı söylenebilir.

Yapılan bir çalışmada gıda alt grupları gelir elastikiyeti incelendiğinde 1987 ve 1994 yılları arasında ekmeğin gelir elastikiyetinin oransal olarak azalmakta olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık 1987 yılında et, balık ve kümes hayvanlarına ait gelir elastikiyet değerleri yine oransal olarak hemen her dilimde 1994 yılına göre daha fazladır. Süt ve yumurta harcamasının gelir elastikiyeti değeri ise 1994 yılının birinci ve ikinci gelir diliminde 1987 yılına göre daha yüksek orana sahiptir. Genel olarak elastikiyetten elde edilen sonuçlara göre kişilerin her 2 yılda da gıda harcamalarına ayrılan oranlarının hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Ancak gelir gruplarının gıda harcamaları arasında farklılık olup olmadığı kukla değişkenlerle araştırılmış ve 1987 yılının ikinci ve beşinci, üçüncü ve beşinci, dördüncü ve beşinci; 1994 yılında ise sadece üçüncü ve beşinci gelir gruplarının gıda harcamalarında farklılık ortaya çıkmıştır (Üçdoğru, 1997). Akbay ve Boz (2005) çalışmasında ailelerin ana gruplar itibariyle tüketim türlerinin gelir esneklikleri verilmiş ve toplam gıda ürünleri gelir esnekliği 0.55 olarak hesaplanmıştır. Bu bölümde ise gıda ürünleri 11 alt kategoriye ayrılmış ve her bir kategorinin gelir esnekliği bulunmuştur. Buradaki en önemli husus esnekliklerin gıda harcama esnekliği değil gelir esneklikleri olmasıdır. Bu gelir esnekliğinin neden tüm ürünler için 1'den küçük olduğunu göstermektedir. Çünkü her bir gıda alt grubunun harcama esnekliği 0.55 ile çarpılmakta ve böylece her bir grubun gelir esnekliği hesaplanmıştır. Örneğin et ve et ürünleri gelir esnekliği 0.73 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.55 ile et ve et ürünleri harcama esnekliği olan 1.324 değerinin çarpılması sonucu bulunmuştur.

Çizelge 5. Hane Halklarının Gelir Gruplarına Göre Gıda Atık Esneklik Değerleri

Gruplar	1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup
Gelir (TL)	1.800	2.925	4.250	6.250	8.750	15.000
Unlu Mamuller	-	0,0895	0,0671	-0,1716	0,0677	0,4261
Süt ve Süt Ürünleri	-	-0,4135	-0,1355	-0,0153	0,1977	0,0750
Et ve Et Ürünleri	-	0,3577	-0,1638	0,2773	0,9219	-0,8227
Sebzeler	-	-0,0083	0,6773	-0,1648	-0,0713	0,0077
Meyveler	-	-0,2631	0,3739	0,1861	0,1146	-0,0394

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Konya ilinde yaşayan tüketicilerin gıda gruplarına göre gıda atık esnekliğinin incelenmesi için yapılan çalışma da araştırmaya katılanların gelir durumlarının atık miktarları üzerindeki elastikiyetleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir;

- Araştırmada söz konusu ürünler içerisinde en fazla tüketim miktarına sahip gıda türünün unlu mamuller içerisindeki ekmeğe çeşidine ait olduğu sonucuna varılmıştır. Ekmeğe tüketim miktarının diğer gruplar içerisinde büyük fark oluşturduğu da tespit edilmiştir. Tüketim miktarına oranla yine ekmeğe oluşan atığın diğer atıklara göre fazla olduğu yapılan çalışma sonucu belirlenmiştir. Aynı zamanda yine unlu mamuller grubunda yer alan kurabiye, tatlı, lavaş-yufka tüketilmesine rağmen hiçbir atık ürünün oluşmadığı sonucuna varılmıştır. Ekmeğe grubunda oluşan atığa çözüm olarak hem işletmelerin hem de hane halklarının bilinçlendirilerek gerekli ikinci işlem uygulanarak atık değerlendirilmesi yapılabilir. Araştırma alanı kapsamında ekmeğe atığı oluşan hane halkının ekmeği farklı alanda kullanmak üzere gerek kurutma gerek parçalara bölerek başka gıda yanında yan ürün olarak kullanılmasını üzerine fikir önerileri halka TV, radyo ve sosyal medya kuruluşları üzerinden bilinçli kişilerle aktarılması üzerine çalışmaların yürütülmesi faydalı olacaktır.

- Süt ve süt ürünlerinde tüketim ve atık miktar sonuçlarına bakıldığında raf ömrünün kısa olması ve hava şartlarından etkilenme durumunun daha kolay olmasından dolayı işlemi az olan süt, peynir ve yoğurdun tereyağına oranla daha çok atık oluşturduğu tespit edilmiştir. Market raflarındaki peynir kilogramlarının fiyatlarındaki farklılardan dolayı küçük boyut alması gereken kişinin kar amaçlı büyük boyut alması sonucu atıkta artışa neden olduğu görülmektedir. Bu sebeple fiyat düzenlemesinin daha tutarlı yapılması gerekmektedir.

- Et ve et ürünleri grubunda en fazla tüketim beyaz ette olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra beyaz et tüketiminin sebzeden daha çok olduğuna rastlanmıştır. Bu da beslenme çeşidinin et ağırlıklı olduğu sonucuna götürmektedir. Bu sonuç; sebze miktarının beyaz et grubundan daha az alınmasına rağmen bütün et

ve et ürünlerinden daha çok atık oluşturduğu verilerle desteklenmiştir. Sonuç olarak araştırma bölgesi sebze ağırlıklı değil et ve et ürünleri ile beslenen bir yapıya sahiptir.

- Meyve grupları içerisindeki atık miktarına bakıldığında tüketimin fazla olduğu karpuz diğer çeşitlere göre daha çok atılmıştır. Bunun nedeni boyut olarak çok fazla tercih seçeneğinin olmamasından dolayı karpuzun hane halkı sayısına bakılmadan alınıyor olmasıdır. Başka neden olarak karpuzun yaz meyvesi olmasına rağmen iklimin diğer bölgelere göre çok sıcak olmamasından kaynaklı olarak tüketimi sağlanan karpuzun tam olarak tüketiminin sağlanmadığı sonucuna varılmıştır.

- Gıda gruplarının yanı sıra araştırmaya dâhil olan içecek gruplarında ise tüketimin mevcut olmasına rağmen hiçbir şekilde atık oluşmadığı sonucuna varılmıştır. İçecek gruplarının kendi içindeki çeşitleri arasında maden suyu tüketiminin gıda ürünleri içinde en fazla tüketim gösteren ekmekle aynı yüksek derecede olduğu tespit edilmiştir.

- İçecek gruplarında atık oluşmaması meyvelerde oluşan atığa çözüm olarak meyvelerden ev ortamında içecek oluşturulması atık miktarında azalmaya neden olacağından ev ekonomisine katkı sağlanacağı beklenmektedir.

- Araştırma kapsamında gelir grupları ile atık miktarları arasında dalgalanmalar görüle bile çok fazla fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni çalışmada seçilen bölgelerin kültürel yapıları, yaşam biçimleri, maddi ve manevi tutumlarının benzer olmasıdır.

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

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




## KAYNAKLAR

- Adıgüzel, F. ve Kızılaslan, N. 2015. The Current Situation and Financial Performance Analyses of Rice Farmers Associations, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3 (9): 721-731.
- Akbay, C. ve Boz, İ. 2005. Kahramanmaraş'ta hanehalklarının gıda tüketim talebi ekonometrik analizi, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8 (1): 114-121.
- Anonim. 2015. Atık Yönetimi Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>:
- Anonim. 2019. Sıfır Atık Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-9.htm>:
- Baysal, A. 1999. Ankara'da Kentleşmeyle Beslenme Alışkanlıklarında Değişmeler ve Yemek Kültürü.
- Baysal, T., Ersus, S. ve Apaydın, E. 2009. Yenilebilir mısır zeini filmi kaplamanın orta nemli domates kalitesi üzerine etkisi, *Gıda*, 34 (6): 359-366.
- Bermudez, O.I. ve Tucker, K.L. 2003. Trends in dietary patterns of Latin American populations, *Cadernos de saude publica*, 19: S87-S99.
- Capone, R., El Bilali, H., Debs, P., Bottalico, F., Cardone, G., Berjan, S., Elmenofi, G.A., Aboubdillah, A., Charbel, L. ve Ali Arous, S. 2016. Bread and bakery products waste in selected Mediterranean Arab countries, *Am. J. Food Nutr*, 4: 40-50.
- Du, S., Mroz, T.A., Zhai, F. ve Popkin, B.M. 2004. Rapid income growth adversely affects diet quality in China—particularly for the poor!, *Social science & medicine*, 59 (7): 1505-1515.
- Karagölge, C. ve Peker, K. 2002. Tarım Ekonomisi Araştırmalarında Tabakalı Örneklemeye Yönteminin Kullanılması, *Journal of the Faculty of Agriculture*, 33 (3): 313-316.
- Memiş, L. 2019. Kentsel Alanda Gıda Atıkları: Ekmek Atıklarının Yönetimine Yönelik Bir Araştırma, *Kamu Yönetimi ve Sosyal Bilimlerde Güncel Meselelere Çözümleyici Yorumlar*.
- Oğuz, C. ve Karakayacı, Z. 2017. Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Metodolojisi, *Konya, Atlas Akademi*, p. 183.
- Onur, N., Sarper, F. ve Onur, F. 2017. Farklı sosyo-ekonomik düzeydeki ailelerin sebze-meyve tüketim durumları, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 5 (1): 105-123.
- Pekcan, G. 2000. Şişmanlığın Tanımı ve Saptanması. , Obezite Sempozyumu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, III. Uluslar arası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 12-15 Nisan, 93-104.
- Sipahi, F. 2014. Türkiye'de obezite üzerinde sosyoekonomik değişkenlerin etkileri ve eşitsizlik. *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Akdeniz Üniversitesi*,
- Tohill, B.C. ve Joint, F. 2005. Dietary intake of fruit and vegetables and management of body weight [electronic resource], World Health Organization, p. 9241592842: 9241592842
- Toprak, İ., Şentürk, Ş., Yüksel, B., Özer, H., Çakır, B. ve Bideci, A. 2002. Gıda katkı maddeleri, *Ankara TC Sağlık Bakanlığı Hacettepe Üniv. Temel Sağlık Hizmetleri Beslenme ve Diyetetik Genel Müdürlüğü Bölümü*.
- Tönük, B., Gültürk, H., Güneşli, U., Arıkan, R., Kayim, H. ve Bozkurt, Ö. 1987. Gıda Tüketimi ve Beslenme, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı/Unicef. Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü. Ankara*.



- Uzundikme, F. ve akıroğlu, F. 2007. Yaşlılıkta sebze-meyve tüketiimi.[Elektronik Sürüm]. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Üçdoęruk, Ő. 1997. İzmir İli Kentselinde Kesimi Gıda Harcaması Gelir Elastikiyetleri, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15 (1): 101-123.

## Effect of Berry Heterogeneity and Water Deficit in Organic and Conventional Vineyards on Grape Berry Characteristics<sup>‡</sup>

İlknur KORKUTAL\* , Elman BAHAR , Müge UZUN 

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [ikorkutal@nku.edu.tr](mailto:ikorkutal@nku.edu.tr)

Received: 13.03.2023 Received in revised: 26.06.2023 Accepted: 03.07.2023

### ABSTRACT

In a two-part experiment, the first parcel is certified organic vineyard and, consisting of Cabernet Sauvignon cv. vines grafted onto the 1103P rootstock. The second parcel is conventional vineyard, with cv. Cabernet Sauvignon vines grafted onto the 5BB rootstock. Using Split-Plot Design based on stress levels, the experiment is set up with three repetitions, with two main plots representing Organic and Conventional vineyard, each split into two sub-plots. Predawn leaf water potential values were measured, and vines with values below -0.8 MPa and above -0.8 MPa were grouped into Dryland-Shallow Soil and Bottomland-Deep Soil, respectively, based on soil type (six groups, namely Control, Stress 1, and Stress 2). Berry characteristics were studied during harvest, and berries were classified into four groups based on their diameter (10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm, 16mm-18mm). The results showed that the 10mm-12mm berry size group had the desired berry characteristics, Dryland-Shallow Soil produced smaller berries, and Stress 2 increased berry skin area and berry skin area/berry volume values.

**Keywords:** Cabernet Sauvignon cv., Organic viticulture, Heterogeneity, Grape quality

### Organik ve Konvansiyonel Bağda Tane Heterojenitesinin Tane Özelliklerine Etkisi

#### ÖZ

İki parselden oluşan denemede; birinci parsel organik tarım sertifikalı ve Cabernet Sauvignon/1103P aşı kombinasyonuna sahip omcalardan oluşmuştur. Diğer parselde konvansiyonel yetiştiricilik yapılmaktadır ve bu parselde Cabernet Sauvignon/5BB aşı kombinasyonundaki omcalar bulunmaktadır. Stres düzeylerine göre Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olan deneme, Organik ve Konvansiyonel olmak üzere iki ana ve ikişer alt parselde ayrılmıştır. Şafak öncesi yaprak su potansiyeli değerleri; -0,8 MPa'dan düşük olan ve -0,8 MPa'dan büyük olan omcalar belirlenip arazi ve toprak tipine göre Kıraç Arazi-Yüzlek Toprak ve Taban Arazi-Derin Toprak olarak gruplanmıştır. Her bir arazi tipinde; Kontrol, Stres 1, Stres 2 düzeyi olmak üzere altı ayrı grup vardır. Hasatta tane özellikleri incelenmiş ve taneleri çaplarına göre 4 ayrı grup oluşturulmuştur (10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm). Sonuç olarak; 10mm-12mm tane boyut grubunun istenilen tane özelliklerini taşıdığı, KAYT Kıraç Arazi-Yüzlek Toprak grubunun küçük taneler verdiği ve Stres 2'nin tane kabuk alanı ve tane kabuk alanı/tane eti hacmi değerlerini yükselttiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Cabernet Sauvignon, organik bağcılık, heterojenite, üzüm kalitesi.

### INTRODUCTION

Since the beginning of the 21st century, the conversion rate of existing conventional vineyards to organic vineyards has significantly increased. The certified organic vineyard area increased by an average of 13% per year, while the non-organic vineyard area decreased by 0.4% during the same period. This development can be largely attributed to social issues related to consumer health and environmental

protection (OIV, 2021). The goal of organic wine production is to cultivate high-quality grapes with minimal inputs and to minimize residue levels in grapes (Pedneault and Provost, 2016).

The development, yield, and grape berry composition of grapevines are influenced by various terroir factors, with the most important being climate and soil (Fayolle et al., 2019) and nutrient requirements. The main finding of the studies is that the quality of red wine grapes is generally associated with mild water stress (Brillante et al., 2016).

Water scarcity is endangering grape production and quality worldwide (Miras-Avalos and Araujo, 2021). Quality decline has been observed in vineyards associated with water stress and high temperatures resulting from climate change (Keller et al., 2023), posing serious threats in wine-producing regions and worsening scenarios of water scarcity (Aris et al., 2022). However, the proper use of water scarcity can be an effective tool in improving berry composition at harvest (Basile et al., 2022).

As known, the interaction between the scion and rootstock and mineral nutrition also affects the tolerance to abiotic stresses such as limestone, salinity, and drought (Keller, 2015). In vineyards, due to the increasing drought, the selection of rootstocks with high water use efficiency, growth capacity, and adaptation with the scions is an important strategy (Bianchi et al., 2020). Since rootstocks affect nutrient uptake from the soil, grapevine development, vegetation period length, and yield (Mijowska et al., 2017), suitable rootstocks for the climate and soil of the region should be selected when establishing a vineyard (Ferlito et al., 2020). On the other hand, the presence of drought-tolerant rootstocks can eliminate the need for irrigation arising from global warming (Tramontini et al., 2013). Kowalczyk et al. (2022) determined that the yield was not affected by the rootstocks they used, including 5BB. In their study examining 10 different rootstocks, Porro et al. (2022) obtained the highest yield from grafts of Sauvignon Blanc onto 1103P and 5BB rootstocks. Mehofer et al. (2021) determined that grafting Roesler variety scions onto 3 different rootstocks did not alter bud break and flowering dates. It was observed that the 1103P rootstock induced stomatal closure to reduce water loss during drought periods and increased water uptake, and it formed a wider and deeper root system than the 101-14Mgt rootstock (Alsina et al., 2011). Similarly, Bianchi et al. (2023) also demonstrated that the 1103P rootstock quickly sensed water limitation and rapidly coped with stress through avoidance strategy.

Grape quality is dependent on the size of the berry at harvest, as well as the ratio of skin area to berry volume, but the water status of the vine also influences berry size (Ojeda et al., 2002). Regular deficit irrigation (RDI) has been shown to improve berry quality by increasing the ratio of skin area to berry volume (Cáceres-Mella et al., 2018). However, Cooley et al. (2017) found that, RDI treatment resulted in smaller berries with a larger exocarp to mesocarp ratio, and a decrease in seed weight, but did not alter yield. Echeverria et al. (2017) reported that in cv. Tannat, shallow soil and low access to water increased grape quality due to decreased yield and slower vegetative growth. Buesa et al. (2017) suggested that continuously applying limited irrigation could be a suitable option, considering the negative effects of restricted irrigation that persisted for more than three seasons. Calderon-Orellana et al. (2019) found that exposure of grapes to post-harvest water stress did not affect berry mass. Kontoudakis et al. (2011) stated that the heterogeneity of grape berries has a significant impact on grape composition and quality, and that water stress leads to a decrease in grape size and an increase in tannin content, resulting in improved grape quality. Gil et al. (2015) separated Cabernet-Sauvignon cv. grape berries into three groups (large, medium, and small) and found that the weight of 100 berries in the control group was lower than that of the medium group. Chen et al. (2018) separated harvested cv. Cabernet-Sauvignon grape berries into three groups (large, medium, and small) based on berry mass. They observed that more than 50% of the medium-sized grape berries accounted for the majority of the grapes, and that smaller berries were more dense and mature. Melo et al. (2015) classified grape berries according to their diameter into small, medium, and large. They found that the number of small berries was greater than that of large berries. Additionally, they determined that the physical properties of the berries (mass, volume, and skin area) increased proportionally with berry size in both years.

The purpose of this study is to group grapes harvested at different leaf water potentials based on high water stress conditions experienced in organic and conventional vineyards over many years, and to determine the effect of grape berry heterogeneity on grape berry properties.

## MATERIAL and METHODS

### Site Properties

The study was conducted with cv. Cabernet-Sauvignon grapevines in two different vineyard parcels, one organic and one conventional, in Tekirdag province. The first parcel consisted of Cabernet-Sauvignon/1103P grafted combination vines, located between 41°02'20.74" K and 27°48'41.90" D coordinates at an altitude of 130 m in a certified organic vineyard. The vines were planted in 2006 with a spacing of 2 x 2.5 m in the N-S direction, with a VSP trellis system and a slope of 18%. The second parcel of the experiment is located at

coordinates 40° 55' 50.23" N and 27° 25' 19.16" E, and at an elevation of 200 m, consisting of Cabernet Sauvignon cv. grafted onto the 5BB rootstocks. The vineyard was planted in 1993, 5 km away from the sea, with a row spacing and vine spacing of 1.5 x 2.5 m, and trained with a double-armed Cordon Royat system.

## Methods

The experiment was conducted in a Split-plot Design, with two land-soil types (Dryland-Shallow Soil and Bottomland-Deep Soil) and three different stress levels (Control, S1 and S2), with three replications and two rootstocks in each replication. Based on the results of pre-dawn leaf water potential ( $\Psi_{pd}$ ) measurements, grapevines with  $\Psi_{pd}$  values below -0.8 MPa and above -0.8 MPa were selected and grouped as "Dryland-Shallow Soil" (DLSS) and "Bottomland-Deep Soil" (BLDS) based on the soil type. Within the DLSS and BLDS groups, there were six subgroups: Control, Stress 1, and Stress 2. Three replicates were conducted for each subgroup, with two grapevines per replicate and four grape clusters per vine. The grape clusters were sorted according to their size, which were classified into four groups: 10-12 mm, 12-14 mm, 14-16 mm, 16-18 mm (Figure 1).

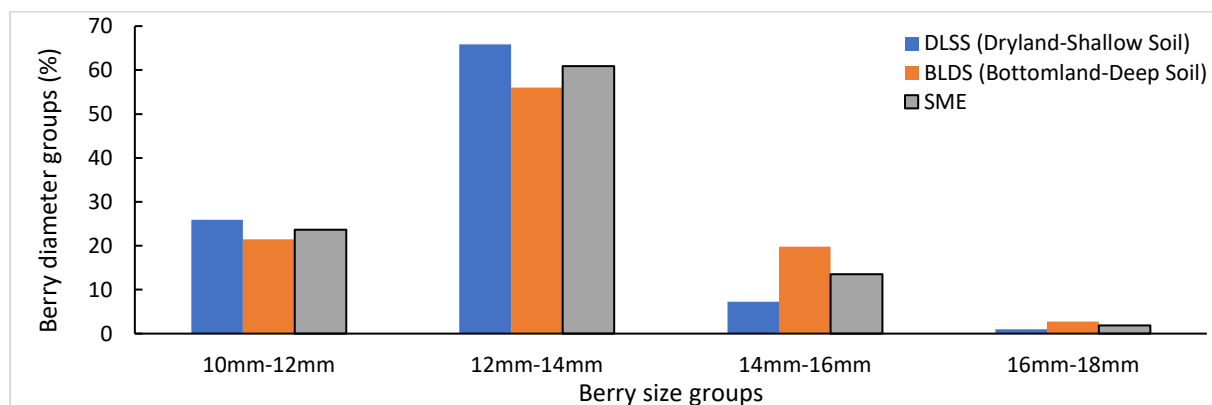


Figure 1. The grape size groups according to soil type.

## Morphological characteristics

Climatic data and phenological development stages were determined in order to identify the effects of the applied treatments on vegetative growth, yield and quality (Lorenz et al., 1995). Leaf water potential ( $\Psi_{leaf}$ , -MPa) was measured with a Scholander Pressure Chamber. Predawn measurements were made using pure nitrogen gas between 03:00-05:00 in the predawn ( $\Psi_{leaf}$ ) (Acevedo-Opazo et al., 2013; Levin et al. 2019). At harvest, berry width and berry length (mm), berry fresh mass and dry mass (g), and berry volume were measured (OIV, 2009). The values of 100-berry mass measured with a sensitive digital scale. Dry mass % = Berry dry mass / Berry volume x 100 was obtained from the formula. Berry volume ( $cm^3$ ) was determined by the formula  $4/3\pi r^3$ . Depending on the calculated radius, berry skin area ( $cm^2$ ) was calculated using the formula  $4\pi r^2$  (Barbagallo et al., 2011). The calculated berry skin area ( $cm^2$ ) was compared to the berry volume ( $cm^3$ ) and given as a coefficient. Grape berry density ( $g\ cm^{-3}$ ) = Berry mass / berry volume was calculated (OIV, 2009). In addition, yield per decare ( $kg\ da^{-1}$ ) was determined.

## Statistical Analysis

The obtained data were analyzed using the MSTAT-C statistical program, and LSD test (%1 and %5) was applied to reveal the differences.

## RESULTS and DISCUSSION

### Climatical Data and Phenological Development Stages

During the vegetation period, 16 mm of rainfall occurred from veraison to harvest. The average temperature was 25.2°C and the average relative humidity was 71.5%. Winkler Index calculated as 2235 degree-days (TMM, 2018) (Figure 2). Phenological development dates for organic and conventional vineyard were recorded as April 15 budburst (EL 14). In organic vineyard May 25 flowering (EL 23), July 24 veraison (EL 35), and August 31 harvest (EL 38). In conventional vineyard, flowering on May 28 (EL 23), veraison on July 26 (EL 35), and harvest on September 17, 2018 (EL 38), after maturity analysis following veraison (Lorenz et al., 1995).

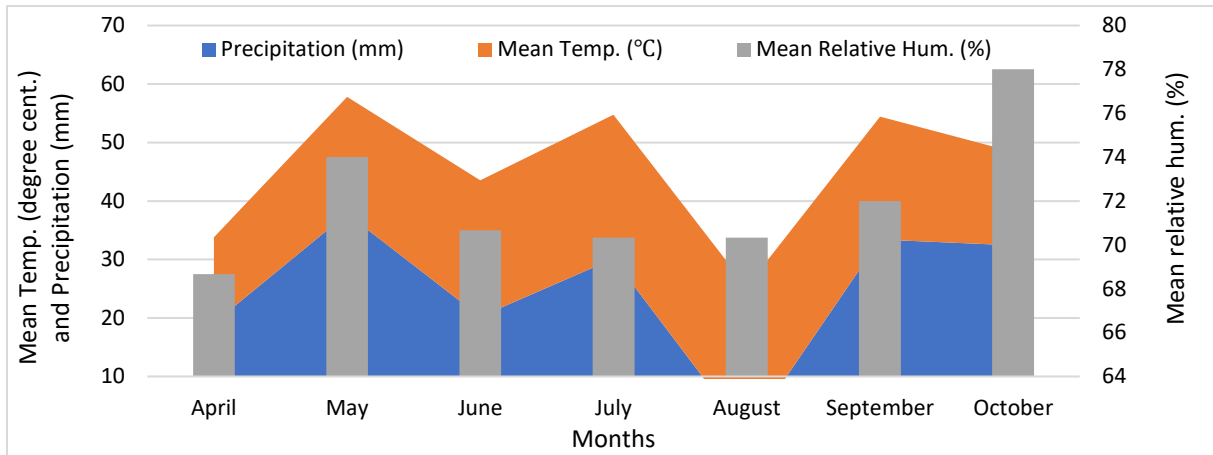


Figure 2. Some climatical data

### Predawn leaf water potential ( $\Psi_{pd}$ ) (-MPa)

DLSS clusters at the lowest Stress 1 level had an average  $\Psi_{pd}$  of -0.77 MPa, -1.22 MPa at Stress 2 level, and -0.92 MPa at Control level. The  $\Psi_{pd}$  of BLDS clusters was recorded as -0.29 MPa in Control, -0.77 MPa at Stress 1 level, and -0.92 MPa at Stress 2 level. According to Carbonneau (1998) and Deloire and Rogiers (2015), the DLSS x Control interaction had high stress with a value of -0.92 MPa, while the DLSS x Stress 1 interaction had severe-high stress with a value of -0.77 MPa, and the DLSS x Stress 2 interaction had high stress with a value of -1.28 MPa. As stated by Brillante et al. (2016), leaf water potential values increase when there is significant lateral and vertical variability in the soil that contributes to the vine's water uptake during the midday, when transpiration is high and tension in the plant is low, which is consistent with the high values for DLSS x Stress 2 interaction. For BLDS, the values for the interactions were -0.29 MPa for BLDS x Control, -0.77 MPa for BLDS x Stress 1, and -0.92 MPa for BLDS x Stress 2, indicating low-medium stress, severe-high stress, and high stress, respectively (Figure 3).

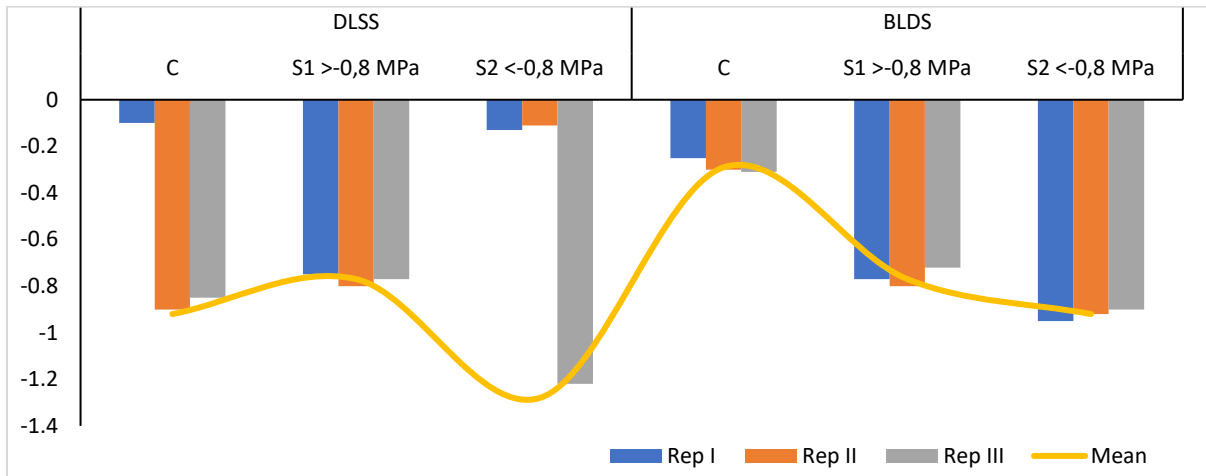


Figure 3. Leaf water potential ( $\Psi_{pd}$ ) in terms of location-soil types and stress levels (-MPa).

### Berry width (mm)

The group with berry width according to SME (Size Main Effect) values ranging from 10mm-12mm had a value of 11.07 mm, which formed the first important group. In terms of STME (Stress Main Effect), the berry width values were found to vary between Stress 1 (11.73 mm) and Stress 2 (12.69 mm). The berry width of Cabernet-Sauvignon cv. is classified as narrow (8mm-13 mm) according to OIV (2009) and assigned a code of 5. Ojeda et al. (2002) reported a decrease in berry size in vines subjected to post-veraison water deficit (-1.2 MPa) compared to those subjected to a mild deficit (-0.6 MPa) due to differences in predawn leaf water potential ( $\Psi_{pd}$ ). The results are not consistent with the findings of previous researchers, and this inconsistency is thought to have been caused by terroir differences.

**Berry length (mm)**

In terms of SME, the 10mm-12mm size group formed the first importance group with the lowest berry length value (11.35 mm), and the 14-16 mm size group (13.94 mm) formed the highest berry length value. According to STME, Control formed the first importance group with a length of 12.52 mm, Stress 1 formed the second importance group with a size of 12.90 mm, and Stress 2 formed the third importance group with a length of 12.78 mm. The berry size of Cabernet Sauvignon cv. has been classified as narrow (8mm-13mm) according to OIV (2009) and given a code of 3. Ojeda et al. (2002) reported a decrease in berry size in grapevines subjected to post-veraison water deficit (-1.2 MPa) compared to those subjected to moderate water Stress (-0.6 MPa), but this result was not consistent with the findings of other researchers, which may have been due to terroir differences.

**Berry fresh mass (g)**

The 14mm-16mm berry size (1.86 g) was the most significant group for SME. The 12mm-14mm berry size (1.50 g) was in the second group, and the 10mm-12mm berry size (1.00 g) was in the last group. Regarding STME, the Stress 1 level (1.51 g) was in the first group, the Stress 2 level (1.48 g) was in the second group, and the Control level (1.40 g) was in the last group (Table 1). The results are similar to Calderon-Orellana et al. (2019) in that an increase in water stress after veraison did not affect berry mass, and to Nadal (2010) in that there was lower berry mass on hilltops. However, it is not consistent with the finding of Ojeda et al. (2002) that post-veraison water deficiency (-1.2 MPa) resulted in a decrease in berry mass, which is thought to be due to field conditions.

Table 1. Changes in berry fresh mass according to location and soil type and stress levels.

Location and Stress	Berry Size			LME, STME, and Location x Stress int.
	10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
DLSS	1.03	1.52	1.82	1.46
BLDS	0.97	1.48	1.90	1.45
Control	1.01	1.49	1.70	1.40 c
Stress 1	1.01	1.59	1.93	1.51 a
Stress 2	0.99	1.52	1.94	1.48 b
DLSS	Control	1.06	1.44	1.58
	Stress 1	1.05	1.57	1.92
	Stress 2	0.99	1.54	1.96
BLDS	Control	0.96	1.36	1.82
	Stress 1	0.97	1.61	1.95
	Stress 2	1.00	1.49	1.92
SME	1.00 C	1.50 B	1.86 A	

STME LSD %5 = 0.1133532

SME LSD %1 = 0.1521826

**Berry dry mass (g)**

When SME was examined, the 10mm-12mm berry size group (0.25 g) was the most important group, followed by the 14mm-16mm group (0.38 g) as the second and the 12mm-14mm (0.46 g) as the least important group. Bahar et al. (2017) reported that the highest berry dry mass value was between -0.7 MPa and -0.3 MPa, the second highest value was between -0.7 MPa and below, and the lowest value was between -0.3 MPa and -0.5 MPa, which was consistent with the results (Table 2).

**Berry volume (cm<sup>3</sup>)**

According to SME, it was determined that the 10-12mm size had a berry volume value of 0.92 cm<sup>3</sup> in the last significant group, the 12-14mm size had a berry volume value of 1.38 cm<sup>3</sup> in the second important group, and the 14-16mm group had a berry volume value of 1.77 cm<sup>3</sup> in the first important group. The result was found to be in the same direction as the grouping of Gil et al. (2015). As a result, berry size was found to be directly proportional to berry volume.

Table 2. Changes in berry dry mass according to location and soil type and stress levels.

Location and Stress	Berry Size			LME, STME, and Location x Stress int.	
	10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm		
DLSS	0.25	0.38	0.45	0.37	
BLDS	0.24	0.36	0.46	0.36	
Control	0.26	0.35	0.42	0.35	
Stress 1	0.25	0.40	0.49	0.38	
Stress 2	0.25	0.36	0.47	0.36	
DLSS	Control	0.28	0.39	0.41	0.36
	Stress 1	0.26	0.41	0.51	0.40
	Stress 2	0.23	0.36	0.45	0.35
BLDS	Control	0.25	0.33	0.44	0.34
	Stress 1	0.24	0.39	0.48	0.37
	Stress 2	0.25	0.38	0.49	0.37
SME	0.25 a	0.37 b	0.46 c		

SME LSD %1 = 4.067252E-02

**Mass of 100 berries (g)**

In SME, the first important group was the 14-16mm size with a value of 180.60 g, the second important group was the 12-14mm size with a value of 147.49 g, and the third important group was the 10-12mm size with a value of 98.90 g. The mass of 100 berries obtained by Gil et al. (2015) for Cabernet Sauvignon cv., was found to be similar. It was also found to be similar to the result obtained by Blouin and Guimberteau (2000), who indicated that the average mass of 100 berries was 138 g.

**Dry mass %**

According to STME, the first important group was Control (25.57) and Stress 1 (25.27), and the second important group was Stress 2 (24.28). On the other hand, when Location x Stress interactions were examined, the first important group was DLSS x Control interaction (26.53) (Table 3). Bahar et al. (2017) reported that the highest dry mass % based on LWP conditions was obtained at stress levels of -0.3 MPa to -0.7 MPa. They also found that when predawn YSP dropped below -0.7 MPa, it had a reducing effect on the dry mass %, and the lowest dry mass % was observed at YSP levels between -0.5 and -0.3 MPa, which was in agreement with the results.

Table 3. Change in dry mass % by location and soil type and stress levels.

Location and Stress	Berry Size			LME, STME, and Location x Stress int.	
	10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm		
DLSS	25.01	25.28	25.25	25.18	
BLDS	25.16	24.83	24.70	24.90	
Control	26.06	25.59	25.05	25.57 a	
Stress 1	24.89	25.25	25.68	25.27 a	
Stress 2	24.32	24.31	24.21	24.28 b	
DLSS	Control	26.67	26.75	26.17	26.53 A
	Stress 1	25.11	26.02	26.66	25.93 AB
	Stress 2	23.26	23.06	22.91	23.08 C
BLDS	Control	25.44	24.43	23.93	24.60 BC
	Stress 1	24.66	24.49	24.70	24.61 BC
	Stress 2	25.38	25.56	25.50	25.48 AB
SME	25.08	25.05	24.98		

STME LSD %5 = 0.8777689

Location x Stress int. LSD %1 = 1.666581

**Berry skin area (cm<sup>2</sup>)**

With respect to berry skin area, the 14mm-16mm (5.54 cm<sup>2</sup>) and 12mm-14mm (5.13 cm<sup>2</sup>) berry size groups were in the first importance group. The last one was 10mm-12mm berry size group (3.39 cm<sup>2</sup>). Gil et al. (2015) obtained similar values to these research findings when they calculated the skin area per gram of berry. The conclusion that water stress during maturity has an increasing effect on skin area, reported by Matthews and Nuzzo (2007), was also obtained from this research.

**Berry skin area to berry volume (cm<sup>2</sup> cm<sup>-3</sup>) (BSA/BV)**

The 10mm-12mm group (4.30 cm<sup>2</sup> cm<sup>-3</sup>) was the first importance group, the 12mm-14mm group (3.75 cm<sup>2</sup> cm<sup>-3</sup>) was the second importance group, and the 14mm-16mm group was the last importance group (3.13 cm<sup>2</sup> cm<sup>-3</sup>) (Table 4). The findings were in agreement with those of Melo et al. (2015), who reported that as berry size increased, the BSA/BV ratio decreased.

Table 4. Changes in BSA/BV according to location and soil type and stress levels.

Location and Stress	Berry Size			LME, STME, and Location x Stress int.	
	10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm		
DLSS	4.27	3.80	3.06	3.71	
BLDS	4.35	3.70	3.21	3.75	
Control	4.28	3.98	3.05	3.73	
Stress 1	4.26	3.70	2.90	3.61	
Stress 2	4.49	3.58	3.45	3.85	
DLSS	Control	4.05	4.01	2.90	3.65
	Stress 1	4.27	3.77	2.82	3.62
	Stress 2	4.50	3.62	3.45	3.86
BLDS	Control	4.31	3.92	3.19	3.80
	Stress 1	4.24	3.63	2.99	3.62
	Stress 2	4.88	3.54	3.45	3.83
SME	4.30 a	3.75 b	3.13 c		

SME LSD %1 = 0.4026373

**Berry density (g cm<sup>-3</sup>)**

In the study, location, size and stress and their interactions did not have a statistically significant effect on berry density. The finding reported by Lafontaine et al. (2013) that decreasing berry size may have an increasing effect on berry density is consistent with DLSS but not consistent with BLDS.

**Yield per decare (kg da<sup>-1</sup>)**

In terms of STME values, the Control (1187.53 kg da<sup>-1</sup>) was the first important group for yield, followed by Stress 1 (657.08 kg da<sup>-1</sup>) as the second important group, and Stress 2 (457.36 kg da<sup>-1</sup>) as the least important group (Table 5). When examining the interactions, the BLDS x Control interaction was the most important group with 1465.92 kg da<sup>-1</sup>, followed by the BLDS x Stress 2 (536.42 kg da<sup>-1</sup>) and DLSS x Stress 1 (526.12 kg da<sup>-1</sup>) interactions in the least important group. Regarding LME, BLDS had the highest value of 930.13 kg da<sup>-1</sup>, while DLSS was in the least important group. The study is consistent with the finding of Nadal (2010). The results also parallel the finding that vines that are not irrigated and are under severe stress have the lowest yield per vine (Carbonneau, 1998; Deloire et al., 2004; Deloire and Heyns, 2011). This indicates that the use of soil water by plants depends on the level of water stress they are under (Brillante et al., 2016).

Table 5. Changes in yield per decare according to stress levels and soil types.

Location	Stress Levels			LME
	Control	Stress 1	Stress 2	
DLSS	909.14 b	526.12 d	378.31 e	604.52 b
BLDS	1465.92 a	788.05 c	536.42 d	930.13 a
STME	1187.53 A	657.08 B	457.36 C	

STME LSD %1 = 68.73231

Location x Stress int. LSD %1 = 97.20215



## CONCLUSION

When examining berry characteristics in terms of the LME, it was determined that the DLSS properties had a slightly improving effect on berry characteristics compared to BLDS. When examining berry characteristics in terms of the SME, there were no significant differences in terms of numerical values among the stress groups. However, it was determined that Stress 2 had the highest values for BSA and BSA/BV, were desirable for quality in red wine grape varieties.

In terms of dry mass % criteria, the Control (25.57) and Stress 1 (25.27) were in the same group. The dry mass % of the berry comes from the berry flesh, berry skin, and seed (Barbagallo et al., 2011). In wine grape varieties, especially in red ones, small berries are proportional to wine quality (Chen et al., 2018). When examined in terms of size, the 10mm-12mm group was found to be superior in terms of berry width, berry length, BSA/BV, and berry density. The BSA/BV ratio is due to the change in the amount of skin with grape size. Small grape seeds provide more soluble material per berry volume and berry skin area because they have a higher skin-to-flesh ratio (Chen et al., 2018). Only high values were obtained from the BSA and berry density parameters in the 12mm-14mm size group. The 14mm-16mm size group had higher values in terms of berry mass and berry dry mass, mass of 100 berries, berry volume, and BSA as expected compared to other size groups. Based on all of these evaluations, it was determined that the morphological characteristics of grape berries vary depending on their size. In addition, as berry size decreases, berry mass decreases depending on stress level, while berry dry mass and dry weight % increase. Therefore, it was determined that the 10mm-12mm size group generally meets the desired criteria for all of the studied parameters.

As a result, to obtain high-quality grapes from the Cabernet Sauvignon cv. in Tekirdag province, cultivation should be carried out in Dryland-Shallow Soil conditions where leaf water potential ( $\Psi_{pd}$ ) can drop to -0.8 MPa during the predawn period between the veraison and ripening stages. Furthermore, sorting based on berry size and using berries with a size between 10mm-12mm may be appropriate.

**Thanks:** The authors thank ŞatoNuzun Bağcılık ve Şarapçılık Ltd. Şti. and Umurbey Vineyards Ltd. Şti. for allowing us to set up an essay in their vineyard.

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

**Contribution Rate Statement Summary of Researchers:** İ.K. investigation, writing, review and editing; E.B. investigation review and editing; M.U. investigation, writing.

✧:This research was a part of third authors MSc. Thesis.




## REFERENCES

- Acevedo-Opazo, C., Valdés-Gómez, H., Taylor, J.A., Avalo, A., Verdugo-Vásquez, N., Araya, M., Jara-Rojas, F., and Tisseyre, B. 2013. Assessment of an empirical spatial prediction model of vine water status for irrigation management in a grapevine field. *Agric. Water Manag.*, 124: 58-68.
- Alsina, M.M., Smart, D.R., Bauerle, T., De Herralde, F., Biel, C., Stockert, C., Negron, C., and Save, R. 2011. Seasonal changes of whole root system conductance by a drought-tolerant grape root system. *J. Exp. Bot.*, 62, 99–109.
- Aris, G., Cuneo, I.F., Pastenes, C., and Cáceres-Mella, A. 2022. Anthocyanin composition in Cabernet Sauvignon grape skins: Effect of regulated deficit irrigation in a warm climate. *Horticulturae*, 8: 796. 13p.
- Bahar, E., Korkutal, I., ve Kabatas, I.E. 2017. Sangiovese üzüm çeşidinde dönemsel yaprak su potansiyeli ( $\Psi_{yaprak}$ ) değişimleri ve salkım seyreltme uygulamalarına bağlı olarak düzenlenen sulama oranlarının verim, sürgün ve gelişme özellikleri üzerine etkileri. *Mediterranean Agric Sci.*, 30: 85-90.
- Barbagallo, M.G., Guidoni, S., and Hunter, J.J. 2011. Berry size and qualitative characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *S Afr J Enol. Vitic.*, 32(1): 129-136.
- Basile, B., Garcia-Tejera, O., Girona, J., and Marsal, J. 2022. Yield and berry composition of 'Tempranillo' grapevines exposed to deficit irrigation applied at different phenological stages. *Acta Hort.*, 1335: 597-603.
- Bianchi, D., Caramanico, L., Grossi, D., Brancadoro, L., and De Lorenzis, G. 2020. How do novel m-rootstock (*Vitis* spp.) genotypes cope with drought? *Plants*, 9, 1385.
- Bianchi, D., Ricciardi, V., Pozzoli, C., Grossi, D., Caramanico, L., Pindo, M., Stefani, E., Cestaro, A., Brancadoro, L., and De Lorenzis, G. 2023. Physiological and transcriptomic evaluation of drought effect on own-rooted and grafted grapevine rootstock (1103P and 101-14MGt). *Plants*. 12(5): 1080.

- Blouin, J., and Guimberteau, G. 2000. *Maturation et Maturite des Raisins*. Feret, Bordeaux, France, pp 151.
- Brillante, L., Bois, B., Lévêque, J., and Mathieu, O. 2016. Variations in soil-water use by grapevine according to plant water status and soil physical-chemical characteristics—a 3D spatio-temporal analysis. *Eur. J. Agron.*, 77: 122-135.
- Buesa, I., Pérez, D., Castel, J., Intrigliolo, D., and Castel, J. 2017. Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria: Effect of seasonal vine water Stress on water use. *Aust J Grape Wine Res.*, 23(2): 251-259.
- Cáceres-Mella, A., Ribalta-Pizarro, C., Villalobos-González, L., Cuneo, I., and Pastenes, C. 2018. Controlled water deficit modifies the phenolic composition and sensory properties in Cabernet Sauvignon wines. *Sci. Hort.*, 237: 105-111.
- Calderon-Orellana, A., Bambach, N., Aburto, F., and Calderón, M. 2019. Water deficit synchronizes berry color development in Crimson Seedless table grapes. *Amer J Enol Vitic.*, 1: 60-67.
- Carbonneau, A. 1998. *Aspects Qualitatifs*. In: Tiercelin, JR (Ed.), *Traite d'irrigation*. Tec & Doc. Lavosier Ed., Paris, France, pp. 258-276.
- Chen, W.K., He, F., Wang, Y.X., Liu, X., Duan, C.Q., and Wang, J. 2018. Influences of berry size on fruit composition and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. *S Afr J Enol. Vitic.*, 39.
- Cooley, N., Clingeleffer, P.R., and Walker, R.R. 2017. Effect of water deficits and season on berry development and composition of Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in a hot climate: Water and seasonal effect on yield and composition. *Aust J Grape Wine Res.*, 23.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., and Ojeda, H. 2004. Vine and water, a short review. *OENO One*, 38(1): 1-13.
- Deloire, A., and Heyns, E. 2011. The leaf water potentials: Principles, method and thresholds. *Wineland*, 265: 119-121.
- Deloire, A., and Rogiers, S. 2015. Monitoring vine water status Part 2: A detailed example using the pressure chamber. *Grapevine Management Guide 2014-15*. NSW DPI Management Guide. 16-19.
- Echeverria, G., Ferrer, M., and Miras-Avalos, J. 2017. Effects of soil type on vineyard performance and berry composition in the Río de la Plata Coast (Uruguay). *OENO One*, 51.
- Fayolle, E., Follain, S., Marchal, P., Chéry, P., and Colin, F. 2019. Identification of environmental factors controlling wine quality: A case study in Saint-Emilion Grand Cru appellation, France. *Sci of Total Envir.*, 694: 133718.
- Ferlito, F., Distefano, G., Gentile, A., Allegra, M., Lakso, A.N., and Nicolosi, E. 2020. Scion–rootstock interactions influence the growth and behaviour of the grapevine root system in a heavy clay soil. *Aust J Grape and Wine Res.*, 26: 68-78.
- Research, 26: 68–78. Gil, M., Pascual, O., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Hermosín-Gutiérrez, I., Zamora, F., and Canals, J.M. 2015. Influence of berry size on red wine colour and composition: Berry size and red wine colour and composition. *Aust J Grape Wine Res.*, 21: 200-212.
- Keller, M. 2015. *The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, ISBN 9780124199873.
- Keller, M., Mills, L.J., and Kawakami, A.K. 2023. Optimizing irrigation for mechanized Concord juice grape production. *Amer. J Enol. Vitic.*, 74(1): Art. 0740008, 12 pp.
- Kontoudakis, N., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J.M., De Freitas, V., Zamora, and F. 2011. Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. *Food Chem.*, 124(3): 767-774.
- Kowalczyk, B., Bieniasz, M., Blaszczyk, J., and Banach, P. 2022. The effect of rootstocks on the growth, yield and fruit quality of hybrid grape varieties in cold climate conditions. *Horticultural Science (Prague)*, 49(2): 78-88.
- Lafontaine, M., Stoll, M., and Schultz, H.R. 2013. Berry size and maturity affecting phenolic extraction in Pinot Noir wines. In *Proceedings 18<sup>th</sup> International Symposium GIESCO, Ciencia Tecnica Vitivinicola*, Porto, Portugal 28: 396-400.
- Levin, A.D., Williams, L.E., and Matthews, M.A. 2019. A continuum of stomatal responses to water deficits among 17 wine grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Funct Plant Biol.*, 47: 11-25.
- Lorenz, D.H., Eichhorn, K.W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., and Weber, E. 1995. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. vinifera) codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Aust J Grape Wine Res.*, 1: 100-110.
- Matthews, M.A., and Nuzzo, V. 2007. Berry size and yield paradigms on grapes and wines quality. *Acta Hort.*, 754: 423-436.

- Mehofer, M., Schmuckenschlager, B., Hanak, K., Vitovec, N., Braha, M., Cazim, T., Gorecki, A., Christiner, F., and Hofstetter, I. 2021. Investigations into the effects of the rootstock varieties Kober 5BB, Fercal and 3309 Couderc on the nutrient content of leaves as well as generative and vegetative performance of the grape variety 'Roesler'. *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Fruchteverwertung*, 71 (3): 204-221.
- Melo, M.S., Schultz, H.R., Volschenk, C., and Hunter, J.J. 2015. Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological dimensions, berry composition and wine quality. *S Afr. J Enol Vitic.*, 36: 1-10.
- Mijowska, K., Ochmian, I., and Oszmiański, J. 2017. Rootstock effects on polyphenol content in grapes of 'Regent' cultivated under cool climate condition. *J Appl. Bot. Food Quality*, 90: 159-164.
- Miras-Avalos, J.M., and Araujo, E.S. 2021. Optimization of vineyard water management: challenges, strategies, and perspectives. *Water*, 13: 746.
- Nadal, M. 2010. Phenolic Maturity in Red Grapes. In: Delrot, S., Medrano, H., Or, E., Bavaresco, L., Grando, S. (eds) *Methodologies and Results in Grapevine Research*. Springer, Dordrecht.
- OIV 2009. 2<sup>nd</sup> Edition of the OIV descriptor list for grape varieties and *Vitis* species. 178 p.
- OIV 2021. Organic viticulture is gaining terrain. <https://www.oiv.int/organic-viticulture-is-gaining-terrain> (Accessed March 08, 2023)
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., and Deloire, A. 2002. Restricted access influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Amer. J Enol Vitic.*, 53: 261-267.
- Pedneault, K., and Provost, C. 2016. Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Scientia Hort.*, 208: 57-77.
- Porro, D., Brighenti, A.F., Brighenti, E., De Martin, M.S., Pasa, M.S., and Stefanini, M. 2022. Evaluation of different rootstocks for grapevine in south Brazil: nutritional, yield, and qualitative aspects. *Acta Hortic.* 1333: 43-50.
- TMM 2018. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü verileri.
- Tramontini, S., Vitali, M., Centioni, L., Schubert, A. and Lovisollo, C. 2013. Rootstock control of scion response to water stress in grapevine. *Envir. & Exp. Bot.* 93: 20-26.

## Biyokömürün Çilek Yapraklarında Besin Element İçerikleri Üzerine Etkileri

Gülşah Selen KESKİNASLAN , Mehmet Ali SARIDAŞ , Sevgi PAYDAŞ\* 

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

\*Sorumlu Yazar: [sevpay@cu.edu.tr](mailto:sevpay@cu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 13.04.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 27.04.2023 Kabul Tarihi: 27.04.2023

### ÖZ

Son yıllarda çevre kirliliğini önlemek ve atıkları değerlendirmek amacıyla bitkisel üretim sonucunda elde edilen atıklar ile hammaddesi tarımsal ürün olan fabrikasyon atıklarının tarımsal üretimde toprak düzenleyicisi olarak kullanılması yaygınlaşmıştır. Biyokömür, dünya genelinde bir toprak düzenleyicisi olarak bilinmektedir. Bu özelliği yanı sıra toprakta zengin bir karbon kaynağı olmasından dolayı da kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmada turunçgil budama atığından üretilen biyokömürün (%0 - %1 biyokömür), Sabrina ve Fortuna çilek çeşitleri ile 33, 36 ve 112 No'lu üstün özellikleri nedeniyle seçilmiş melez çilek genotiplerine uygulamasının yapraklardaki bazı bitki besin element içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma 2020-2021 yetiştirme sezonunda İspanyol tipi yüksek tünel altına yerleştirilen 3.1 litrelik saksılarda yürütülmüştür. Taze tüplü çilek fideleri, Ekim ayının ikinci haftasında dikilmiştir. Turunçgil budama atıkları 500°C'de 2 saat süreyle piroliz edilmiştir. Deneme bitkileri tarla su kapasitesine göre kontrollü bir şekilde sulanmıştır. Deneme sonunda alınan yaprak örneklerinde makro (N, K, Mg) ve mikro (Cu, Fe, Zn, Mn) elementlerden önemli bazıları saptanmıştır. Yetiştirme ortamına biyokömür uygulamasının yapraklarda K, Fe, Zn düzeylerine olumlu etki yaptığı ve kontrol ile uygulama arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Biyokömür uygulanan bitkilerin yapraklarında özellikle Fe ve Zn düzeylerinin çok belirgin bir artışa neden olduğu dikkati çekmiştir. Yaprak Mg değeri biyokömür etkisiyle kontrole göre çok hafif azalmıştır. Öte yandan yaprak N, Mn ve Cu düzeylerinde ise uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Azot alımının genotipe bağlı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; uygulanan doz miktarını değiştirerek farklı tür ve çeşitlerde denemeler yapılmasının daha yararlı ve hatta pelet şekline getirilen biyokömürü uygulamanın daha pratik ve etkili olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Çevre Dostu Uygulama, *Fragaria × ananassa*, Saksı Denemesi, Turunçgil Atığı

## Effects of Biochar on The Plant Nutrient Elements of Strawberry Leaves

### ABSTRACT

In recent years, in order to prevent environmental pollution and to evaluate wastes, the use of wastes obtained as a result of plant production and fabrication wastes, whose raw material is agricultural product, as soil conditioner in agricultural production has become widespread. Biochar is known worldwide as a soil conditioner. In addition to this feature, it has started to be used because it is a rich carbon source in the soil. In this study, the effects of the application of biochar (0 - 1% biochar) produced from citrus pruning waste to Sabrina and Fortuna strawberry cultivars and hybrid strawberry genotypes selected due to their superior characteristics no. 33, 36 and 112 on some plant nutrient contents in the leaves were investigated. The study was carried out in 3.1 liter pots placed under the Spanish type high tunnel in the growing season of 2020-2021. Fresh type strawberry plants were planted in the second week of October. Citrus pruning wastes were pyrolyzed at 500°C for 2 hours. Trial plants were irrigated in a controlled manner according to field water capacity. In the leaf samples taken at the end of the experiment, some important macro (N, K, Mg) and micro (Cu, Fe, Zn, Mn) elements were determined. It was found that the application of biochar to the growing medium had a positive effect on the levels of K, Fe, Zn in the leaves and the difference between the control and the application was statistically significant. It was noted that especially the Fe and Zn levels in the leaves of

biochar-treated plants caused a very significant increase. Leaf Mg value decreased slightly compared to the control by the effect of biochar. On the other hand, the difference between applications was statistically insignificant in leaf N, Mn and Cu levels. Nitrogen uptake was determined to be genotype dependent. In conclusion; It is thought that it would be more beneficial to make experiments with different species and cultivars by changing the amount of dose applied, and even more practical and effective to apply biochar, which is made into pellets.

**Key words:** Enviromental friends applications, *Fragaria × ananassa*, Pot Experimet, Citrus Waste.

## GİRİŞ

Ülkemizde tarım arazilerinde yetiştiricilik anlamında zaman içerisinde verim ve kalite bakımından azalma olduğu görülmektedir. Söz konusu sorunun çözümü için farklı çalışmalar yapılmakla birlikte biyokömür gibi uygulamalar toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını düzenlemede yardımcı uygulama olarak değerlendirilmektedir. Yapılan bu uygulamalar yalnızca doğru ve yeterli gübreleme, sulama ile etkili olmaktadır (Neşe ve ark., 2013). Biyokömür, Güney Amerika'da "Terrapreta" olarak isimlendirilen koyu renkli toprakların keşfi ile dikkat çekmeye başlamış olup, son yıllarda birçok çalışmaya konu olan bir materyaldir. Hammaddenin oksijensiz ortamda (piroliz) ya da az miktarda oksijende yüksek ısıya tabi tutulması ile ortaya çıkmıştır (Lehmann ve ark., 2003). Biyokömür, dünya genelinde bir toprak düzenleyicisi olarak bilinmektedir. Bu özelliği yanı sıra toprakta zengin bir karbon kaynağı olmasından dolayı da kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda bitki kaynaklı çeşitli atıkların toprak düzenleyicisi olarak kullanılması yaygınlaşmıştır. Çalışmalar, atık olarak nitelendirilen çoğu materyalin toprağa eklenmesiyle, bitki besin maddesi ve organik madde kaynağı olabileceklerini veya belirli oranlarda karıştırılmalarıyla yetiştirme ortamı olarak kullanılacaklarını göstermiştir (Aydeniz ve Brohi, 1991; Benito ve ark., 2005). Biyokömür ile yapılmış olan denemelerde toprağa karıştırıldıktan sonraki aşamada bitki gelişiminde olumlu etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Major ve ark., 2010). Lehmann ve Rondon (2006), tarafından yürütülen çalışmalarda biyokömürün toprağa birçok etkileri olduğu saptanmıştır. Bu çalışmalara göre; biyokömür ile topraktan besin maddelerinin yıkanması önlenirken, KDK değerinde artış sağlanmış, toprak özelliklerine bağlı olarak pH'nın değiştiği biyolojik aktivitenin arttığı bildirilmiştir. Jones ve ark. (2012), 450°C'de 48 saat piroliz işlemi yapılmış biyokömürün 3 yıl boyunca toprakta mısır bitkisi ve çimlerdeki etkilerini araştırmışlar ve ikinci yılın sonunda toprağın havalanmasında iyileşme, topraktaki bakteri üreme hızında, bitki biyokütlesinde ve yaprak azot miktarlarında artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. Alburquerque ve ark. (2013), biyokömür hammaddesi olarak buğday samanı ve zeytin ağacı budama atıklarını 300-450°C arasında değişen sıcaklıklarda piroliz işlemine tabi tutmuşlar ve tek başına biyokömür uygulamasının mineral gübre kullanımına göre büyüme parametreleri açısından zayıf kaldığını, biyokömür ile mineral gübrelerin birlikte kullanımında ise buğdayda verimin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda biyokömür üretiminin elde edilen üründe yüzey alanını azalttığı, kullanılan hammaddenin de önemli olduğu vurgulanmıştır. Gunes ve ark. (2014), fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömür uygulamasının, marul bitkisinde N, P ve K düzeyleri ile bitki kuru ağırlığını kontrol grubuna kıyasla arttırdığını, ancak Ca, Mg, Fe ve Zn düzeylerini ise azalttığını saptamışlardır. Gunes ve ark. (2015), farklı sıcaklıklarda (250, 300, 350, 400°C) elde ettikleri tavuk gübresi biyokömürünü uyguladıkları mısır ve marul bitkilerinde, en yüksek verimin, 300°C'de piroliz edilen biyokömürle elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca bitkilerde verim ile birlikte P ve K konsantrasyonlarının da arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonlarının ise azaldığı sonucuna varılmıştır. Saygan ve Aydemir (2016), Harran Ovası topraklarında antepfıstığı dış kabuklarından 250°C karbonizasyon yöntemiyle biyokömür elde ederek, deneme kurmuşlardır. Denemede %0, 0.2, 0.4, 0.6, 1.2 ve 2.4 oranlarında biyokömür kullanılmış ve uygulamalardan 15., 60., 120. ve 180. günlerde alınan toprak örneklerinde pH, toplam azot, organik madde, toplam karbon, yarıyıllı fosfor, değişebilir katyon değerleri ve katyon değişim kapasitesi bakımından en yüksek değerler; 180. gündeki %2.4 uygulamasından, en düşük değerler ise 15. gündeki %0 doz uygulamasından elde edilmiştir. Deneme sonuçları; antepfıstığı dış kabuğundan elde edilen biyokömürün topraklarda, organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Özenç ve Şenlikoğlu (2017), yaptıkları çalışmada, farklı dozlarda fındık zürufu biyokömürünün ıspanak bitkisinin gelişmesi ile besin element içerikleri üzerine etkilerini incelemek için zenginleştirilmiş kompost ve hayvan gübresi (0, 20, 40, 80 g kg<sup>-1</sup>) ile 0 ve 15 kg da<sup>-1</sup> N uygulamışlardır. Azot, kompost ve hayvan gübresi uygulamaları, bitki besin elementi içeriklerini ve bitki gelişmesini önemli ölçüde artırmıştır. Zemanova ve ark. (2017), sera ortamında ilkbahar ve sonbaharda biyokömür uygulamalarını denedikleri çalışmalarında, biyokömürün %5 oranında uygulanması halinde, ıspanak bitkisinde gelişmenin önemli düzeyde arttığını ve bu artışın kontrole göre ilkbaharda %102, sonbaharda ise %353 olduğunu bulmuşlardır. Biyokömür uygulaması, K ve P içeriklerini önemli düzeyde artırmış, ancak Ca ve Mg içeriğini azaltmıştır. Ergün (2017), ahır gübresi (5, 10 ve 20 ton ha<sup>-1</sup>) ve biyokömür (0, 5, 10, 15 ve 20 ton ha<sup>-1</sup>)

uygulamalarının toprakların organik madde içerikleri ile özellikle N, P ve K başta olmak üzere, alınabilir makro ve mikro besin element içeriklerini artırdığını gözlemlemiştir. Günel ve ark. (2017), Tokat İlinde, domateslerin hasat artıklarından, 500°C’de yavaş piroliz yöntemi ile biyokömür elde etmiş ve %1, %3 ve %6 dozlarında toprağa karıştırarak biyokömürün nitrat ve amonyum yıkanması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneme sonuçlarına göre, nitrat yıkanmasında kontrol uygulamasına göre en önemli etkinin %34.5 daha az yıkanma görülen %3 biyokömür uygulamasında olduğu saptanmıştır. Bu deneme sonucunda biyokömür uygulamasının azotun kök bölgesinde daha uzun süre tutulmasında etkili olabileceği bildirilmiştir. Adekiya ve ark. (2019), iki yıl boyunca turp bitkilerine tavuk gübresi (0, 2.5 ve 5.0 t ha<sup>-1</sup>) ile biyokömür (0, 25 ve 50 t ha<sup>-1</sup>) uygulamaları yapmışlar ve yaprak besin maddesi konsantrasyonlarında artışlar kaydetmişlerdir. Ancak araştırmacılarca, kısa dönemde yetişen bitkilerde tek başına biyokömür uygulamasının yetersiz kalabileceği vurgulanmıştır. Tarakçıoğlu ve ark. (2019), biyokömür hammaddesi olarak fındık kabuğu ile ahır gübresi ve fındık zürufunun toprağa etkisini araştırmak için sera koşullarında saksı denemesi yürütmüşlerdir. Denemede dekara 3 ve 6 tona karşılık gelen materyaller toprağa karıştırılmış ve inkübasyona bırakılmıştır. Çalışma sonucunda fındık zürufundan elde edilen bulguların, diğer materyallerden daha etkin olduğu, biyokömürün toprak pH’sını artırıcı etki dışında çok belirgin bir etkisinin olmadığı, etkinin net biçimde ortaya çıkması için inkübasyon süresinin uzatılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Sönmez ve Fatih (2019), artan dozlarda (%0, %5, %10, %20) biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının, buğdayın ve toprağın besin içeriği üzerine etkilerini araştırmışlar ve uygulamaların besin elementlerinde belirgin değişimlere neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Biyokömürde en etkili dozun %20 olduğu tespit edilmiştir. He ve ark. (2020), sera koşullarındaki tuzlu-alkali toprakta *Miscanthus* (Fil Çimeni) bitkisinin büyümesi üzerine farklı seviyelerde biyokömür uygulamasının (%0; %1.0; %2.0; %2.5; %5.0 ve %10.0) etkilerini denemişler ve %2 ve %2.5 oranlarında biyokömür uygulamasının toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Xiao ve ark. (2020), söğüt budama atığının 500°C’de piroliz edilmesiyle elde edilen biyokömürün 0, 1, 2 ve 4 g kg<sup>-1</sup> dozlarında toprağa karıştırılmasıyla toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştiğini, organik karbon miktarının arttığını belirlemişlerdir. Arın ve Coşkan (2021), çay budama atıklarından elde ettikleri biyokömürü, toprağa %0, %0.5 ve %1 dozlarında uyguladıkları çalışmalarından biyokömürün, toprak pH’sını, enzim aktivitelerini, amonyum ve nitrat konsantrasyonlarını arttırabildiğini saptamışlardır. Khadem ve ark. (2021), iki farklı yapıdaki topraklara (kumlu-tınlı ve killi ve kireçli) biyokömür uygulamasının toprak pH’sı, iletkenlik ve potasyum içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Kayıkcıoğlu ve Tepecik (2022), Belediye budama atıklarından üç farklı piroliz sıcaklığında (300, 500, 700°C) elde ettikleri biyokömürü beş farklı dozda (0, 10, 20, 30 ve 60 t ha<sup>-1</sup>) uyguladıkları topraklarda yaptıkları incelemelerde, 300°C piroliz sıcaklığında elde edilen biyokömürün, diğer sıcaklıklara göre daha kolay biyodegradasyona uğrayabildiğini gözlemlemiştir. Aynı çalışmada biyokömür uygulamasının toprakların pH değerini 75 günde %0.5- %6.2 düzeyinde artırma potansiyelinin olduğu görülmüştür. Ayrıca mikro elementlerden alınabilir Mn, Fe ve Cu açısından herhangi bir etkinin olmadığı bulunmuştur.

Bu çalışmanın amacı, turunçgil budama atığı kullanılarak üretilen biyokömürün iki adet ticari çilek çeşidiyle, üç adet Üniversitemiz bünyesinde ıslah edilen çilek genotiplerinin yapraklarındaki bazı makro-mikro besin element içerikleri üzerine etkilerini belirlemektir.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma alanında 2020-2021 yetiştirme döneminde çilekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Biyokömür materyali, bölgemizde yaygın olarak bulunan ve Bölümümüze ait turunçgil bahçesinden sağlanan budama atıklarının, Fakültemiz “Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü”nde yer alan fırında piroliz işlemi yapılarak hazırlanmıştır. Bahçeden alınan büyük boyutlu bitki parçaları, öncelikle daha küçük parçalara bölünmüş ve daha sonra 500°C’de 2 saat süreyle piroliz işlemine tabi tutulmuştur. Söz konusu işlemde sonra elde edilen biyokömür, porselen havanda ezilip, toz haline getirilerek çalışmada kullanılmıştır.

Denemede bitkisel materyal olarak; Fortuna ve Sabrina çilek çeşitleri ile 112, 33 ve 36 No’lu üstün özellikleri nedeniyle seçilmiş melez çilek genotipleri kullanılmıştır (Sarıdaş, 2018). Araştırma, İspanyol tipi yüksek tünelin altındaki masaların üzerine yerleştirilen 3.1 litre hacmindeki saksılarda yürütülmüştür. Saksılara, 3:1 oranında torf ve perlit karışımından oluşan harç doldurulmuş ve Ekim ayının ikinci haftasında taze tüplü çilek fideleri dikilmiştir.

Deneme bitkilerini kontrollü bir şekilde sulamak için Ekim ayının ilk haftasında, yetiştirme ortamından örnekler alınmış, tarla kapasitesini belirlemek üzere “Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü”nde ölçümler yapılmıştır. Her sulamada bitkilere verilen su miktarı yapılan hesaplamalara göre belirlenmiştir.

Uygulamalar: Turunçgil budama atıklarından üretilen biyokömür uygulaması (%1) ve Kontrol (%0 biyokömür) şeklinde düzenlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda saksıların her birine 30 g olacak şekilde porselen havanda toz haline getirilen biyokömür uygulaması yapılmıştır.

Deneme, 2 farklı dozda biyokömür uygulaması X 5 çilek genotipi X 3 tekerrür X her tekerrürde 5 bitki olmak üzere “tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen” deneme desenine göre kurulmuş olup, 150 saksıda yürütülmüştür. Saksılara fide dikimi sonrasında temel gübreleme olarak; 100 mg N kg<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 150 mg P kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 mg K kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O uygulaması yapılmıştır. Gübreleme ile hastalık ve zararlı kontrolleri önceki tecrübelerle göre gözlemsel olarak yürütülmüştür.

Her çilek genotipinin biyokömür uygulaması ve uygulamasız bitkilerine ait yapraklarında makro ve mikro besin element analizleri yapılmıştır. Deneme sonunda bitkilerin bütün yaprakları kurutulup, öğütüldükten sonra makro besin elementleri olarak N, K, Mg ve mikro besin elementi olarak Fe, Zn, Mn, Cu konsantrasyonları belirlenmiştir. Azot Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn elementleri, atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Varian AA240FS) cihazında okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Denemeden elde edilen bütün parametreler “Tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen” deneme desenine göre JMP 8.1.0. paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma, turuncu budama atığı kullanılarak üretilmiş olan biyokömürün beş çilek genotipinin yapraklarındaki bazı makro-mikro besin element içerikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

### Makro Besin Elementleri

#### Yaprak Azot Değerleri (N)

Beş farklı çilek genotipine, biyokömür uygulamasının, yaprak N değerleri Çizelge 1’de verilmiş olup, genotipler arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu, uygulama ve genotip x uygulama etkileşimleri arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır. Genotipler arasından en yüksek N değeri (%2.2) 33 No’lu genotipde ve istatistiksel olarak aynı grupta bulunan (% 2.1) Fortuna çeşidinde elde edilmiştir. En düşük değer ise (%1.6) Sabrina çeşidinde saptanmıştır. Biyokömür uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin yapraklarındaki N değerleri %1.9 olarak tespit edilmiştir. Genotip x uygulama interaksiyonları bakımından en yüksek N değeri 33 No’lu genotipin Kontrol grubu bitkilerinde %2.2 olarak ölçülmüştür. En düşük N değeri ise Sabrina çeşidinde biyokömür uygulanan bitkilerde %1.5 olarak saptanmıştır.

Çizelge 1. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak azot değerleri üzerine etkileri (%)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
33	2.1	2.2	2.2 A <sup>1</sup>
36	2.1	2.0	2.0 AB
112	1.7	1.8	1.7 BC
Fortuna	2.1	2.0	2.1 A
Sabrina	1.5	1.7	1.6 C
Uyg. Ort.	1.9	1.9	
LSDgen**= 0.32		LSDuyg= Ö. D. <sup>2</sup>	LSDgenxuyg= Ö. D.

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

Gunes ve ark. (2014), fosfor ve biyokömür ile zenginleştirilmiş ortamda yetiştirilen marul bitkisinde; N, P ve K konsantrasyonlarının kontrol uygulamasına göre arttığını bildirmişlerdir. Sonuçlandırılan bu çalışmada ise biyokömür uygulamasının yaprak N değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, yaprak N değerlerinin genotipten etkilendiğini göstermiştir. Bu sonucun; uygulama dozu, tür ve yetiştirme koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte daha önce yapılan çalışmalarda biyokömür uygulamalarının toprağın; karbon, azot, fosfor, organik madde oranını arttırdığı (Lu ve ark., 2020); azot ve fosfor döngüsünü olumlu yönde etkilendiği (He ve ark., 2020); amonyum ve nitrat konsantrasyonlarını arttırdığı (Arın ve Coşkan, 2021) bildirilmiştir.

#### Yaprak Potasyum Değerleri (K)

Çizelge 2’de verilen yapraklardaki K değerleri üzerine uygulama, genotip x uygulama etkileşimleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli, genotipler arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır.

Biyokömür uygulanan çileklerin yaprak K düzeyinin %1.9, Kontrol grubu bitkilerin yaprak K değerinin ise %1.5 olduğu ve aradaki %0.4'lük farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Genotip x uygulama etkileşiminde en yüksek yaprak K değeri % 2.1 ile Fortuna çeşidinde biyokömür uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Bu açıdan en düşük değer % 1.2 olarak 36 No'lu genotipin Kontrol grubu bitkilerinde saptanmıştır. Çilek yapraklarında kritik K değerlerinin %1.0 - %3.0 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Reuter ve ark., 1986; Kacar ve İnal, 2008).

Çizelge 2. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak potasyum değerleri üzerine etkileri (%)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	2.0 ab <sup>1</sup>	1.7 abc	1.9
<b>36</b>	2.0 ab	1.2 c	1.6
<b>112</b>	2.0 ab	1.3 c	1.7
<b>Fortuna</b>	2.1 a	1.6 bc	1.9
<b>Sabrina</b>	1.3 c	1.7 abc	1.5
<b>Uyg. Ort.</b>	1.9 A	1.5 B	
LSDgen= Ö.D. <sup>2</sup>		LSDuyg**= 0.21	LSDgenxuyg*= 0.47

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*: p<0.05

Bu çalışmada elde edilen K miktarları önceki çalışmalarda bulunan sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Biyokömürün yaprak K içeriğini arttırdığını bildiren diğer çalışmalara örnek olarak; Gunes ve ark. (2015), tavuk gübresi biyokömürünü uyguladıkları mısır ve marul bitkilerinde, P ve K konsantrasyonlarının arttığı; Zemanova ve ark. (2017), ıspanakta biyokömür uygulamasının K içeriğini önemli düzeyde artırdığını; Adekiya ve ark. (2019), turp bitkisinde iki yıl süreyle tavuk gübresi ile biyokömür uygulamalarının yaprak besin maddesi konsantrasyonlarını arttırdığını; Sönmez ve Fatih (2019), biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının, buğdayın ve toprağın besin içeriğinde belirgin değişimlere neden olduğunu bildirmişlerdir. Khadem ve ark. (2021), tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, iki farklı yapıdaki topraklara (kumlu-tınlı ve killi ve kireçli) biyokömür uygulamasının toprak pH'sı, iletkenlik ve potasyum içeriğini arttırdığı rapor edilmiştir.

#### Yaprak Magnezyum Değerleri (Mg)

Deneme kapsamında incelenen faktörlerden genotip ve uygulama arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli, genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır (Çizelge 3). Genotipler arasından en yüksek Mg değeri %0.7 değeriyle Sabrina çeşidinden elde edilirken, en düşük değer %0.6 olarak 33 No'lu ve 112 No'lu genotiplerde belirlenmiştir.

Çizelge 3. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak magnezyum değerleri üzerine etkileri (%)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	0.6	0.7	0.6 B
<b>36</b>	0.7	0.7	0.7 AB
<b>112</b>	0.6	0.7	0.6 B
<b>Fortuna</b>	0.6	0.7	0.7 AB
<b>Sabrina</b>	0.7	0.7	0.7 A
<b>Uyg. Ort.</b>	0.6 B <sup>1</sup>	0.7 A	
LSDgen*= 0.06		LSDuyg*= 0.04	LSDgenxuyg= Ö. D. <sup>2</sup>

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*: p<0.05

Biyokömür uygulanan bitkilerin yapraklarında %0.6 olan magnezyum düzeyi, kontrol bitkilerinin yapraklarında çok hafif artarak %0.7 değerini almıştır. Biyokömür uygulamalarının yaprak Mg değerini; marul bitkisinde azalttığı (Gunes ve ark., 2014), mısır bitkisinde azalttığı (Gunes ve ark., 2015), ıspanak bitkisinde arttırdığı (Özenç ve Şenlikoğlu, 2017) ve azalttığı (Zemanova ve ark., 2017), turp bitkisinde arttırdığı (Adekiya ve



ark., 2019) tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan biyokömürün yaprak Mg değerleri üzerine bazı çalışmalarda arttırıcı bazılarında azaltıcı etki yaptığı, bunun da biyokömürün hammaddesine, elde edilme yöntemine, uygulama dozuna, uygulandığı tür ve çeşitlere göre değiştiği sonucuna varılmıştır.

#### Mikro Elementler

##### Yaprak Demir Değerleri (Fe)

Yapraklarda belirlenen Fe değerleri Çizelge 4’de verilmiştir. Denemedeki uygulamalar arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların ise önemsiz oldukları tespit edilmiştir. Yapılan uygulamaların yaprak demir düzeyine etkileri incelendiğinde; 71.5 mg.kg<sup>-1</sup> ile biyokömür uygulanan bitkilerin, 54.7 mg.kg<sup>-1</sup> ile Kontrol grubu bitkilerin yaprak Fe değerlerine sahip oldukları ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Böylece biyokömür uygulamasının yaprak Fe miktarına olumlu etki yaptığı dikkati çekmiştir. Ancak biyokömür uygulamasının yaprak Fe içeriğini marulda azalttığı (Gunes ve ark., 2014), ıspanakta (Özenç ve Şenlikoğlu, 2017), turpda (Adekiya ve ark., 2019) ve buğdayda (Sönmez ve Fatih, 2019) arttırdığı belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, Kayıkcıoğlu ve Tepecik (2022), biyokömür uygulamasının toprakta Fe açısından herhangi bir etki yaratmadığını savunmuşlardır.

Çizelge 4. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak demir değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	67.4	54.6	61.0
<b>36</b>	95.5	51.8	73.7
<b>112</b>	64.2	48.0	56.1
<b>Fortuna</b>	73.0	54.3	63.7
<b>Sabrina</b>	57.5	65.1	61.3
<b>Uyg. Ort.</b>	71.5 A <sup>1</sup>	54.7 B	
LSDgen= Ö. D. <sup>2</sup>	LSDuyg*= 12.87	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

##### Yaprak Çinko Değerleri (Zn)

Yapraklarda belirlenen Zn değerleri Çizelge 5’de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır. Biyokömür uygulanan bitkilerin yaprak çinko düzeyi 32.6 mg.kg<sup>-1</sup> olup, Kontrol grubuna ait bitkilerin yaprak çinko değeri olan 26.2 mg.kg<sup>-1</sup>’den istatistiksel olarak önemli olacak düzeyde yüksektir.

Çizelge 5. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak çinko değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	31.8	29.9	30.9
<b>36</b>	29.5	25.0	27.3
<b>112</b>	28.2	22.8	25.5
<b>Fortuna</b>	44.9	24.2	34.6
<b>Sabrina</b>	28.7	29.1	28.9
<b>Uyg. Ort.</b>	32.6 A <sup>1</sup>	26.2 B	
LSDgen= Ö. D. <sup>2</sup>	LSDuyg*= 5.12	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

Yapılan bu çalışmada biyokömür uygulamasının yaprak Zn miktarı üzerine olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir. Ancak, Gunes ve ark. (2014), marul bitkisinde biyokömür uygulamasının, Zn düzeyini azalttığını saptamışlardır. Tür ve doz farklılığının bu sonuca neden olduğu düşünülen çalışmadaki Zn değerlerinin hem Ersoy (2004)’un bulduğu 30 mg.kg<sup>-1</sup> ile hem de May ve Pritts (1990)’in bildirdiği 20-50 mg.kg<sup>-1</sup> değerleriyle uyumlu ve yeterli düzeyde olduğu bulunmuştur.

**Yaprak Manganez Değerleri (Mn)**

Yaprak Mn değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Denemedeki uygulama, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz oldukları saptanmıştır. Yaprak Mn değerlerinin 12.3-20.3 (mg.kg<sup>-1</sup>) arasında dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Sönmez ve Fatih (2019), biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının, buğdayın ve toprağın besin içeriği üzerine etkilerini araştırmışlar ve yeşil aksamdaki K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu elementlerinde en önemli artışların Kontrol uygulamasına göre solucan gübresinden elde edildiğini bildirmişlerdir. Sonuçlandırılan bu tez çalışması, önceki çalışma ile benzer bulunmuş olup, biyokömür ve kontrol grubu bitkileri arasındaki fark çok küçük olup, istatistiksel olarak da önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 6. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak manganez değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	13.1	17.6	15.3
<b>36</b>	15.7	16.3	16.0
<b>112</b>	12.3	15.7	14.0
<b>Fortuna</b>	13.6	13.4	13.5
<b>Sabrina</b>	20.3	12.9	16.6
<b>Uyg. Ort.</b>	15.0	15.2	
LSDgen= Ö. D. <sup>1</sup>	LSDuyg= Ö. D.	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ö.D.: Önemli Değil.

**Yaprak Bakır Değerleri (Cu)**

Beş farklı çilek genotipine, turuncu budama atığından üretilen biyokömür uygulamasının, Cu değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Uygulama, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz oldukları saptanmıştır. Türkoğlu (2005)'un bir çalışmasında Cu değerlerinin 2.36-4.23 mg.kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 7. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak bakır değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	3.8	3.6	3.7
<b>36</b>	4.5	4.1	4.6
<b>112</b>	5.0	3.9	4.5
<b>Fortuna</b>	4.0	3.7	3.8
<b>Sabrina</b>	3.7	4.0	3.9
<b>Uyg. Ort.</b>	4.2	3.9	
LSDgen= Ö. D. <sup>1</sup>	LSDuyg= Ö. D.	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ö.D.: Önemli Değil.

Çileğin yapraklarında Cu değerinin 6-50 mg.kg<sup>-1</sup> değerleri arasında yeterli olduğu da rapor edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen çilek yapraklarındaki Cu düzeyleri 3.6-5.0 mg.kg<sup>-1</sup> arasında dağılım göstermiş olup, Türkoğlu (2005)'un yaptığı çalışmaya benzer değerler sergilemiştir.

**SONUÇ ve ÖNERİLER**

Sonuç olarak; uygulanan doz miktarını değiştirerek farklı tür ve çeşitlerde denemeler yapılmasının daha yararlı ve hatta pelet şekline getirilen biyokömürü uygulamanın daha pratik ve etkili olabileceği düşünülmektedir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi BAP birimi tarafından FYL-2021-13551 No'lu Yüksek Lisans Tez Projesi olarak desteklenmiştir. Yaprak analizlerine verdiği desteklerden dolayı Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ayfer Torun'a, Proliz işlemlerine verdiği desteklerden dolayı aynı bölüm Öğretim Üyesi Prof. Dr. İbrahim Ortaç'a çok teşekkür ederiz.

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




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

## KAYNAKLAR

- Adekiya, A.O., Agbede, T.M., Aboyeji, C.M., Dunsin, O., ve Simeon, V.T., 2019. Biochar and poultry manure effects on soil properties and radish (*Raphanus sativus* L.) yield. *Biological Agriculture and Horticulture*, 35(1), 33-45.
- Albuquerque, J.A., Salazar, P., Barrón, V., Torrent, J., del Campillo, M.D.C., Gallardo, A., & Villar, R., 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(3), 475-484.
- Aydeniz, A., Brohi, A., 1991. Gübreler ve Gübreleme. Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları 10, Ders Kitabı 3, Tokat.
- Benito, M., Masaguer, A., De Antonio, R., Moliner, A., 2005. Use of Pruning Waste Compost as a Component in Soilless Growing Media. *Bioresource Technology*, 96, 597-603.
- Ergün, Y.A., 2017. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelerine, CO<sub>2</sub> üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu..
- Ersoy B., 2004. Değişik gölgeleme uygulamalarının Camarosa çilek çeşidinde makro ve mikro elementlerin mevsimsel değişimine etkileri üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Samsun.
- Gunes A., Inal A., Taskin, M.B., Sahin O., Kaya E.C., Atakol A. 2014. Effect of phosphorus enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. *Soil Use and Management*, 30, 182-184.
- Gunes, A., Inal, A., Sahin, O., Taskin, M.B., Atakol, O., Yılmaz, N., 2015. Variations in mineral element concentrations of poultry manure biochar obtained at different pyrolysis temperatures, and their effects on crop growth and mineral nutrition. *Soil Use and Management*, 31, 429-437.
- Günel, E., Erdem, H. & Kaplan, A. 2017. Biyokömür ilavesinin Toprakta Nitrat ve Amonyum Yıkanmasına Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 77-83.
- He K, He G, Wang C, Zhang H, Xu Y, Wang S, Hu R., 2020. Biochar amend mentameliorates soil properties and promotes *Miscanthus* growth in a coastal saline-alkali soil. *Applied Soil Ecology*, 155, 103674.
- Jones, D.L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., DeLuca, T.H. & Murphy, D.V. 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biology and Biochemistry*, 45, 113-124.
- Kacar, B., İnal A., 2008. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241 Ankara.
- Kayıkçıoğlu, H. H., & Tepecik, M., 2022. The Effect of Biochar Obtained from Municipal Pruning Wastes at Different Pyrolysis Temperatures on Maize Yield and Some Soil Properties. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(1), 108–127.
- Khadem A, Raiesi F, Besharati H, Khalaj MA., 2021. The effects of biochar on soil nutrients status, microbial activity and carbon sequestration potential in two calcareous soils. *Biochar*, 3(1): 105-116.
- Lehmann, J. & Rondon, M. 2006. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. *Biological approaches to sustainable soil systems*, 113:517-530.
- Lehmann, J., Kern, D.C., Glaser, B. & Woods, W.I. 2003. *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Lu H, Yan M, Wong MH, Mo WY, Wang Y, Chen XW, Wang JJ., 2020. Effects of biochar on soil microbial community and functional genes of a land fill cover three years after ecological restoration. *Science of the Total Environment*, 717, 137133.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. & Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and soil*, 333(1-2), 117-128.
- May, G., Pritts, M., 1990. *Strawberry nutrition*. Cornell University, Ithaca, NY. ISSN : 0732-3506
- Neşe, Ü., Çetin, Ö. & Ali, T. 2013. Gap Bölgesinde Sulamanın Etkisi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 17(2), 37-42.
- Özenç, D.B., ve Şenlikoğlu, G., 2017. Organik ve kimyasal azot kaynağının ıspanak bitkisinin bazı besin içeriği ve nitrat birikimi üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 32, 398-406.
- Reuter, D. J., Robinson, J. B., Peverill, K. I., Price, G. H., & Lambert, M. J., 1986. Guidelines for collecting, handling, and analyzing plant materials. *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. Inkata Press, Melbourne, Australia, 11-35.

- Sarıdaş, M.A., 2018. Melezleme Islahiyla Seçilmiş Çilek Genotiplerinin Verim, Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.
- Saygan, E.P., Aydemir, S. 2016. Harran ovası kireçli killi toprak özellikleri üzerine antepfıstığı dış kabuğu biyokömür uygulamasının etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20 (4), 301-312.
- Sönmez, F., Fatih, Ç.I., 2019. Artan Dozdaki Biyokömür ve Solucan Gübresi Uygulamalarının Buğdayda ve Toprakta Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(4), 526-536.
- Tarakçıoğlu, C., Özenç, D.B., Yılmaz, F.I., Kulaç, S. & Aygün, S., 2019. Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34(1), 107-117.
- Türkoğlu, Z., 2005. Selva ve Camarosa çilek çeşitlerinde bazı bitki aktivatörlerinin erkencilik, verim, kalite ile yapraklardaki besin element düzeylerine etkileri (Yüksek Lisans Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Samsun.
- Xiao, L., Yuan, G., Feng, L., Bi, D., Wei, J., Shen, G. & Liu, Z., 2020. Coupled effects of biochar use and farming practice on physical properties of a salt-affected soil with wheat–maize rotation. Journal of Soils and Sediments, 1-9.
- Zemanova, V., Brendova, K., Pavlikova, D., Kuvatova, P., Tlustos, P. 2017. Effect of biochar application on the content of nutrients (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) and amino acids in subsequently growing spinach and mustard. Plant, Soil and Environment, 7, 322-327.

## Yem Besin Maddelerinin *In Vitro* Gaz Üretim Parametreleri Arasındaki İlişki

Kadir ERTEN , Levend Coşkuntuna\* , Fisun Koç   
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Tekirdağ  
\*Sorumlu Yazar: [lcoskuntuna@nku.edu.tr](mailto:lcoskuntuna@nku.edu.tr)

Received: 28.12.2022 Received in revised: 27.04.2023 Accepted: 02.05.2023

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarda yemlerin besin madde bileşimleri ile *in vitro* gaz, metan ve OMS değerleri arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu çalışmada üç temel yem grubu ele alınmıştır. Bu grupları; kaba yem, kesif yem ve toplam rasyon karışımı (TMR) yemler oluşturmaktadır. Toplam 80 adet materyalin kuru madde (KM), ham kül (HK), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), ham protein (HP), ham yağ (HY), *in vitro* gaz üretimi, *in vitro* metan üretimi ve sindirilebilir organik madde (OMS) değerlerine meta-analiz uygulanmıştır. En yüksek gaz üretimi TMR grubunda, en yüksek metan üretimi ve OMS değerleri ise küspe yemlerinde tespit edilmiştir. En yüksek NDF ve ADF değerleri saman grubunda görülmüştür, bu durum samanlarda en düşük *in vitro* gaz üretimi, metan üretimi ve OMS değerlerine sahip olmasını sağlamıştır. Yemlerin besin maddeleri ve *in vitro* gaz üretim parametreleri arasındaki ilişki incelendiğinde, gaz üretimi, metan üretimi ve OMS değerleri, NDF ve ADF ile negatif yönde ilişkilendirilirken, HK ve HP ile pozitif yönde ilişkilendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *In vitro* gaz üretimi, metan, kaba yem, kesif yem, TMR, meta-analiz

## The Relationship Between The *In Vitro* Gas Production Parameters Of Feed Nutrients

### ABSTRACT

The aim of this study is to examine the relationship between the nutrient composition of feeds and *in vitro* gas, methane, and OMD values in studies using the *in vitro* gas production technique. In this study, three basic feed groups were considered. These feed groups include roughage, concentrate, and total mixed rations (TMR). Dry matter (DM), crude ash (CA), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), ether extract (EE), *in vitro* gas production, in total 80 materials meta-analysis was applied to *in vitro* methane production and organic matter digestibility (OMD) values. The highest gas production was determined in the TMR group, and the highest methane production and OMD values were determined in the pulp. The highest NDF and ADF values were observed in the straw group, which led to the lowest *in vitro* gas production, methane production, and OMD values in straw. When the relationship between feed nutrients and *in vitro* gas production parameters was examined, gas production (GP), methane production (MP), and OMD values were negatively correlated with NDF and ADF, while positively correlated with ash and CP.

**Key words:** *In vitro* gas production, methane, roughage, concentrate, TMR, meta-analysis

### INTRODUCTION

In ruminant feeding, different methods are used to determine the nutritional values of feeds. These; *in vivo*, *in vitro* and *in situ* are methods. Although the *in vivo* method gives the most reliable results because the studies are carried out on live animals, the disadvantages of this method are that it requires a lot of labor, is difficult to implement, is difficult to follow, consumes a large amount of feed per animal, takes a long time, and is expensive (Ørskov, 1994; Getachew et al., 1998). *In vivo* method is an alternative to *in vitro* methods. Different analyses were made by the researchers in the methods, and it was tried to obtain results close to the *in vivo*

method. *In vitro* techniques generally rely on the measurement of either products or fermentation residues. The most common method among these techniques is a two-stage digestion technique and a gas production technique (Tilley and Terry, 1963; Menke et al., 1979; Menke and Steingass, 1988).

The *in vitro* gas production technique, microbial feed it is a method based on the measurement of CO<sub>2</sub> gas released as a result of fermentation. *In vitro* under these conditions, the production of CO<sub>2</sub> gas occurs either directly as a result of the fermentation of carbohydrates in the feed or as a result of the reaction of volatile fatty acids (VFA) resulting from the fermentation of carbohydrates with the buffer solution (Menke et al., 1979).

Kılıç and Sarıççek (2006) in their review, the factors affecting the results of *in vitro* gas production technique studies; nutrient content of feeds, species and variety differences of feeds, harvest time and growing season, treatments applied to feeds, sample amount and size, fermentable substrate ratio of feeds, effect of animal species, feeding of animals, properties of rumen fluid, rumen conditions, amount of rumen VFA, The characteristics of the buffer used and the atmospheric pressure difference, the time of measurement, the application of the correction factor, the air bubbles accumulated in the syringes, the use of different mathematical models and equations.

The production of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> gases from the fermentation of the nutrients consumed by ruminant animals into methane (CH<sub>4</sub>) by methanogen bacteria is called methanogenesis (methane formation) (Hegarty and Klieve, 1999; Görgülü et al., 2009). Ruminant animals use 2-12% of the gross energy they receive from feed as methane energy (Canbolat et al., 2011). The amount of methane formed in the rumen of an adult cattle is around 300 liters/day (Breves and Leonhard-Marek, 2000), this energy value reaches approximately 4000 kcal, which means 1/3 of the energy requirement of a cattle with a live weight of 550 kg constitutes (Aksoy et al., 2000). Ruminant animals cannot benefit from the energy contained in methane gas, so they throw it into the atmosphere by releasing it from their bodies. Therefore, this situation leads to ecological problems as well as economically (Öztürk, 2008). The share of methane gas produced by ruminant animals in the world, around 80-115 million tons annually, in global warming is 23 times higher than CO<sub>2</sub> and constitutes 15-20% of human-induced methane production (IPCC, 2001).

Kaya et al., (2012) applications that can be done to reduce methane production, adding vegetable oils to the ration, changing the ratio of roughage to concentrated feed, using methane inhibitors, They listed it as adding feed additives to the ration (herbal extracts, probiotics, organic acids, adsorbents), and immunization.

In this study, it was aimed to examine the relationships between nutrient content and *in vitro* gas production parameters of ruminant feeds.

## MATERIAL AND METHOD

Using Central's online scientific platforms, a literature search was conducted using Google Scholar, Science Direct, and PubMed. Feeds *in vitro* For studies on gas production parameters, '*in vitro* gas production', '*in vitro* methane production' were used as keywords and the year of scanning of the articles was '2017-2022'. A total of 6,182 results were found related to keywords, studies that did not include nutrients, *in vitro* gas and methane production were excluded from these results and research was conducted with 80 studies. In the study, nutrient analyzes of roughage, concentrate and total mixed rations (TMR) feeds and statistical analyzes of *in vitro* gas production parameters and the relationship between them were examined. As the nutrient content of feeds; Dry matter (DM), crude ash (CA), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP) and ether extract (EE) data were evaluated.

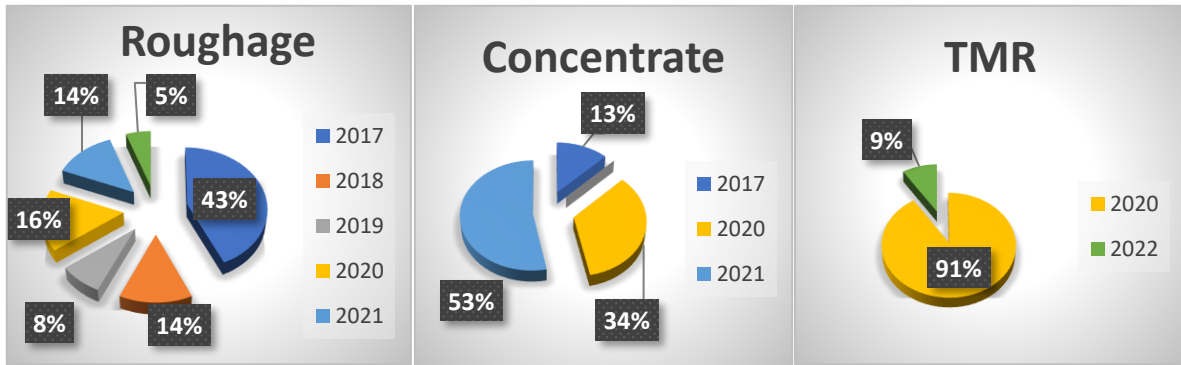
In the statistical evaluation of research data, one-way analysis of variance was used to determine the difference between groups, and Duncan's multiple comparison test was used to compare group effects. A Pearson correlation test was used to examine the relationship between groups (Efe et al., 2000).

## FINDINGS and DISCUSSION

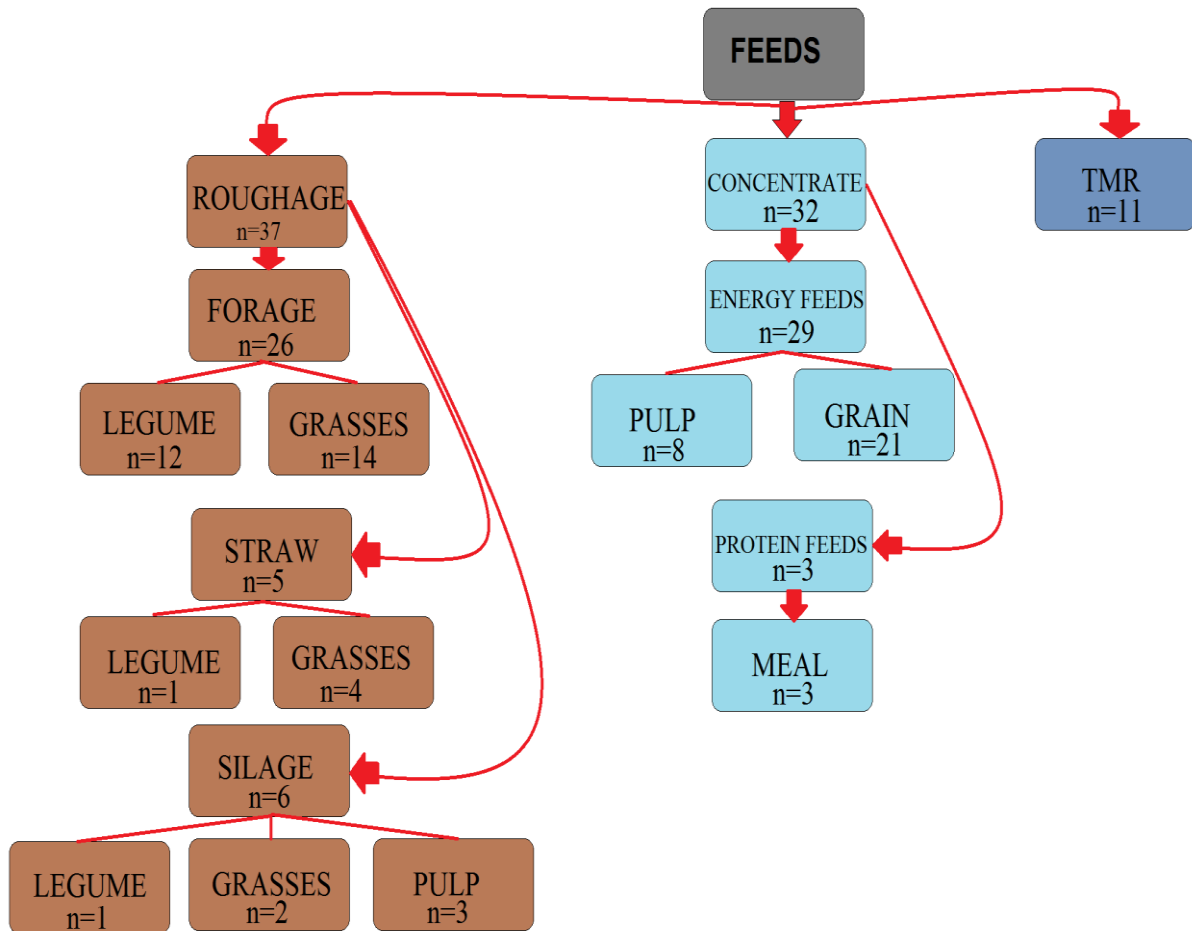
The grouping of the feeds used in the study is given in Graph 1 and Graph 2. Studies were carried out in three main groups: roughage, concentrate, and TMR. Roughage is classified into three types: hay, straw, and silage These are also listed as legumes, grasses, and pulp. Concentrated feeds were subdivided into energy feeds and protein feeds; energy feeds represented pulp and grain feeds, while protein feeds were pulp feeds. They were evaluated according to the results of studies conducted in the TMR group, regardless of the proportions of roughage and concentrate feed. 37 roughages, 32 concentrate feeds and 11 TMR feed were used for a total of 80 analyzed materials. The studies carried out and their proportional distribution by years are given in Table 1 and Graph 1. While the maximum number of studies was 27 in 2020, at least 3 were found in 2019 and 2022.

Table 1. Distribution of feeds by years in studies

Feed	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Roughages	16	5	3	6	5	2	37
Concentrate	4	-	-	11	17	-	32
TMR	-	-	-	10	-	1	11
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>80</b>



Graph 1. Distribution of the feeds used in the studies by years



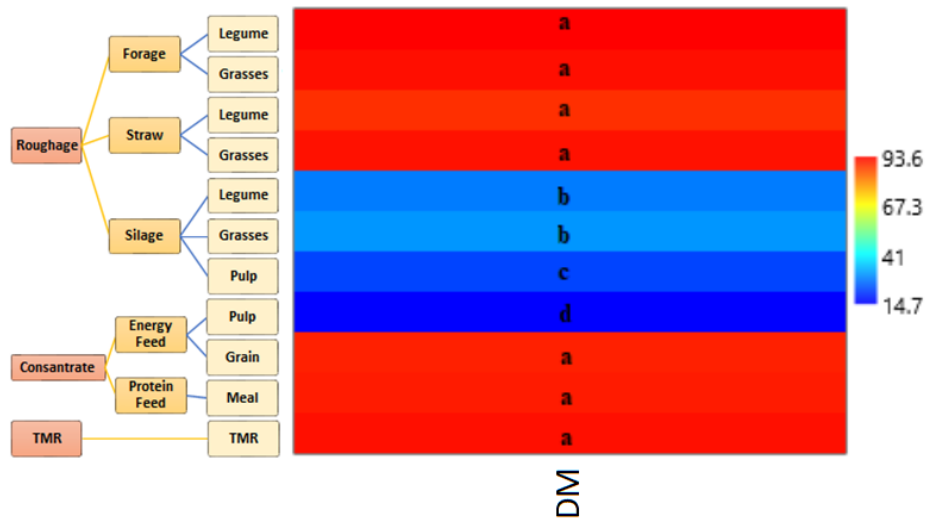
Graph 2. Grouping of the feeds used in the studies

Table 2. Data from studies

Feed	Type	Kind	Year	Materiel	Source	
Roughage	Hay	Legume	2017	<i>Desmodium</i>	Melesse et al ., 2017	
			2017	<i>Medicago sativa</i>	Melesse et al ., 2017	
			2017	<i>Vicia sativa</i>	Melesse et al ., 2017	
			2018	<i>Onobrychis sativa</i>	Ulger et al ., 2018	
			2018	<i>Onobrychis sativa</i>	Ulger et al ., 2018	
			2018	<i>Onobrychis sativa</i>	Ulger et al ., 2018	
			2019	<i>Medicago sativa</i>	Macit and Palangi 2019	
			2019	<i>Vicia villosa</i>	Macit and Palangi 2019	
			2019	<i>Trifolium repens</i>	Macit and Palangi 2019	
			2020	<i>Medicago sativa</i>	Ozkan et al ., 2020	
			2021	<i>Vicia sativa</i>	Ciftci and Gül, 2021	
			2022	<i>Medicago sativa</i>	Selcuk et al ., 2022	
	Grasses			2017	<i>Triticum aestivum</i>	Ayasan et al ., 2017
				2017	<i>Triticum aestivum</i>	Ayasan et al ., 2017
				2017	<i>Triticum aestivum</i>	Ayasan et al ., 2017
				2017	<i>Triticum aestivum</i>	Ayasan et al ., 2017
				2017	<i>Avena sativa</i>	Melesse et al ., 2017
				2017	<i>Lolium</i>	Melesse et al ., 2017
				2017	<i>Lolium</i>	Melesse et al ., 2017
				2017	<i>Lolium</i>	Melesse et al ., 2017
				2017	<i>Cynodon dactylon</i>	Melesse et al ., 2017
				2017	<i>Lolium</i>	Melesse et al ., 2017
2017				<i>Lolium</i>	Melesse et al ., 2017	
2017				<i>Lolium</i>	Melesse et al ., 2017	
2017				<i>Miscanthus sp.</i>	Melesse et al ., 2017	
2021				<i>Hordeum vulgare</i>	Ciftci and Gül, 2021	
Straw	Legume		2018	Glycine max	Güleçyüz and Kılıç, 2018	
			2018	<i>Triticum aestivum</i>	Güleçyüz and Kılıç, 2018	
	Grasses		2020	<i>Triticum aestivum</i>	Ozkan et al ., 2020	
			2021	<i>Triticum aestivum</i>	Ciftci and Gül, 2021	
			2021	<i>Triticum aestivum</i>	Kılıç, 2021	
Silage	Legume		2021	Glycine max	Çiftçi et al ., 2021	
			Grasses		2020	Zea mays
	2022	Zea mays			Dhakal et al ., 2022	
	Pulp		2020	<i>Citrus lemon</i>	Ulger et al ., 2020	
			2020	<i>Citrus sinensis</i>	Ulger et al ., 2020	
			2020	<i>Citrus reticulata</i>	Ulger et al ., 2020	
Concentrated	Energy Feed	Pulp	2017	<i>Citrus sinensis</i>	Ozkan et al ., 2017	
			2017	<i>Citrus lemon</i>	Ozkan et al ., 2017	
			2017	<i>Citrus paradisi</i>	Ozkan et al ., 2017	
			2017	<i>Citrus reticulata</i>	Ozkan et al ., 2017	
			2020	<i>Citrus aurantium</i>	Basar and Atalay, 2020	
			2020	<i>Citrus aurantium</i>	Basar and Atalay, 2020	
			2020	<i>Citrus aurantium</i>	Basar and Atalay, 2020	
			2020	<i>Citrus aurantium</i>	Basar and Atalay, 2020	
		Grain Feed		2020	<i>Avena sativa</i>	Ozkan et al ., 2020





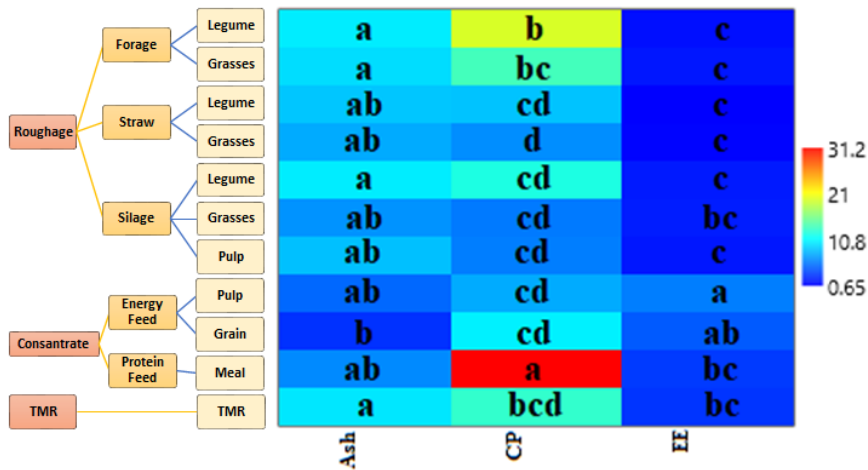


Graph 3. DM values of the feeds used in the studies

The CA, CP, and EE values of the feeds in the studies are given in Graph 4. The CA values of the feeds varied between 2.62-10.10%. While the highest CA values were seen in the hay, legume silage, and TMR groups, the lowest was seen in the grain feed group. There was no difference between the CA values of legumes and grass in the hay group ( $P>0.05$ ). There was no difference between legume and grass feeds in the straw group, which has a lower CA value compared to dry grasses. In the silage group, the highest CA value was observed in legume silages, but there was no statistical difference between grasses and pulp silages ( $P>0.05$ ). In energy feeds, the pulp had a higher CA value than the grain feed, while it was similar to the meal, and there was no statistical difference between them ( $P>0.05$ ). The TMR group was found to have similar CA values with legume-grass hays and legume silages.

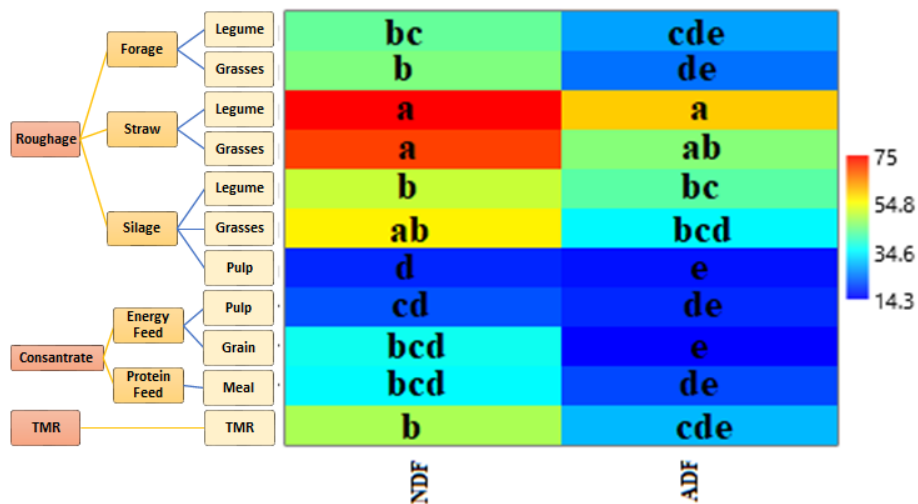
The CP values of the feeds varied between 4.92-31.20%. While the highest CP values were seen in the meal group, the lowest was seen in the grass straw. In the hay group, legume feeds were found to have higher CP values than grasses, but there was no statistical difference between them ( $P>0.05$ ). In the straw group, legume feeds contain more CP than grasses, but there was no statistical difference between them. While the highest CP value was found in legume silages in the silage group, grasses and pulp silages showed similarity and no statistical difference was found between the groups ( $P>0.05$ ). The highest CP value in roughage was determined in hay and statistically difference was found between groups ( $P<0.001$ ). While grain feeds and pulps were similar in terms of CP value in the energy feed group, the meal had the highest CP value in the concentrate feed group and there was a statistical difference between the groups ( $P<0.001$ ). While the TMR group had a statistically lower CP value than the meal group ( $P<0.001$ ), there was no difference between the other groups.

The EE values of the feeds varied between 0.65-4.26%. While the highest EE values were seen in energy feeds, the lowest was seen in the straw group. In the hay group, the highest EE value was observed in grasses feeds, but there was no statistical difference between grasses and legumes ( $P>0.05$ ). In the straw group, legumes and grass were similar in terms of EE value. In the silage group, the highest EE value was observed in the grasses silages, while the legume and pulp silages showed similarity and no statistical difference was found between the groups ( $P>0.05$ ). The EE value in the roughage was similar and there was no statistical difference between the groups ( $P>0.05$ ). In the energy feed group, the highest EE value was found in the pulp and there was no difference with grain feeds, while the protein meal had the lowest EE value in the concentrate feed group. The difference between the groups in concentrate feed was found to be statistically significant ( $P<0.001$ ). The TMR group had similar EE values with grass silage and meal.



Graph 4. Ash, CP and EE values of the feeds used in the studies

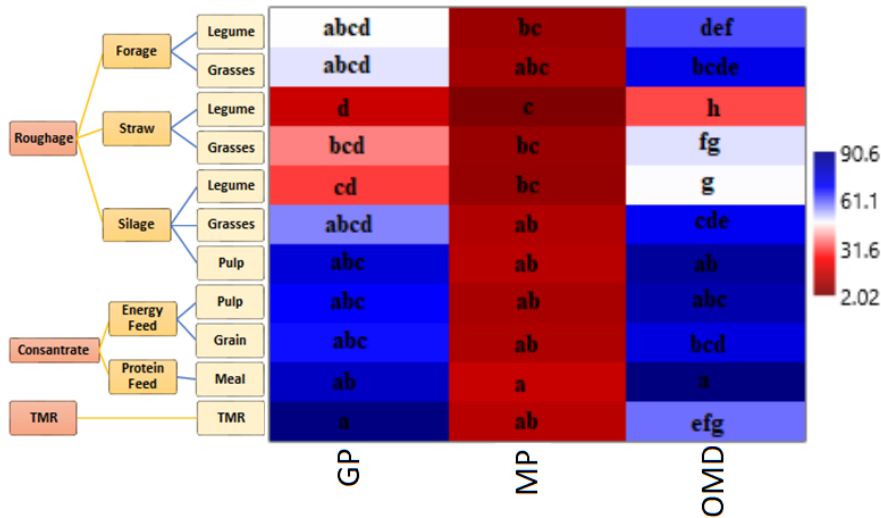
The NDF and ADF values of the feeds in the studies are given in Graph 5. The NDF values of the feeds varied between 17.32-75.02%. While the highest NDF values were seen in hay feed, the lowest were seen in the pulp silage group. Although the NDF value of the grasses and legumes was higher in the hay group, there was no statistical difference between them ( $P>0.05$ ). In the straw group, legumes and grasses were similar to each other. In the silage group, the highest NDF value was determined in the grasses silage and there was no statistical difference between the legume silages, but it was found to be significant compared to the pulp silages with the lowest NDF value ( $P<0.001$ ). While the highest NDF value in roughage was observed in the straw group, the difference between the groups was statistically significant ( $P<0.001$ ). In the energy feed group, the grain feeds had higher NDF values than the pulp, which was similar to the meal and there was no statistical difference between the groups in the concentrate feeds ( $P>0.05$ ). The TMR group, on the other hand, showed similarity to the legume hay and legume silage groups.



Graph 5. NDF and ADF values of the feeds used in the studies

The ADF values of the feeds varied between 14.33-58.84%. While the highest ADF value was seen in legume straw, the lowest was found in grain feeds. Although legume hays had higher ADF values than grasses, there was no statistical difference between them ( $P<0.05$ ). The highest ADF value in the straw group is legumes, which were observed in the forage, but there was no statistical difference between them and the grasses straw ( $P>0.05$ ). In the silage group, the highest ADF value was observed in legume silages, while there was no difference between them and grasses silages, it was found to be statistically significant compared to pulp silages ( $P<0.001$ ). The highest ADF value in roughage was observed in the straw group, and a statistical difference was found between the groups ( $P<0.001$ ). In the energy feed group, the pulp had a higher ADF value than the grain feed, and while it was similar to the meal, there was no statistical difference in the concentrate feed group ( $P>0.05$ ). In terms of ADF value, the TMR group matched the closest legume hay.

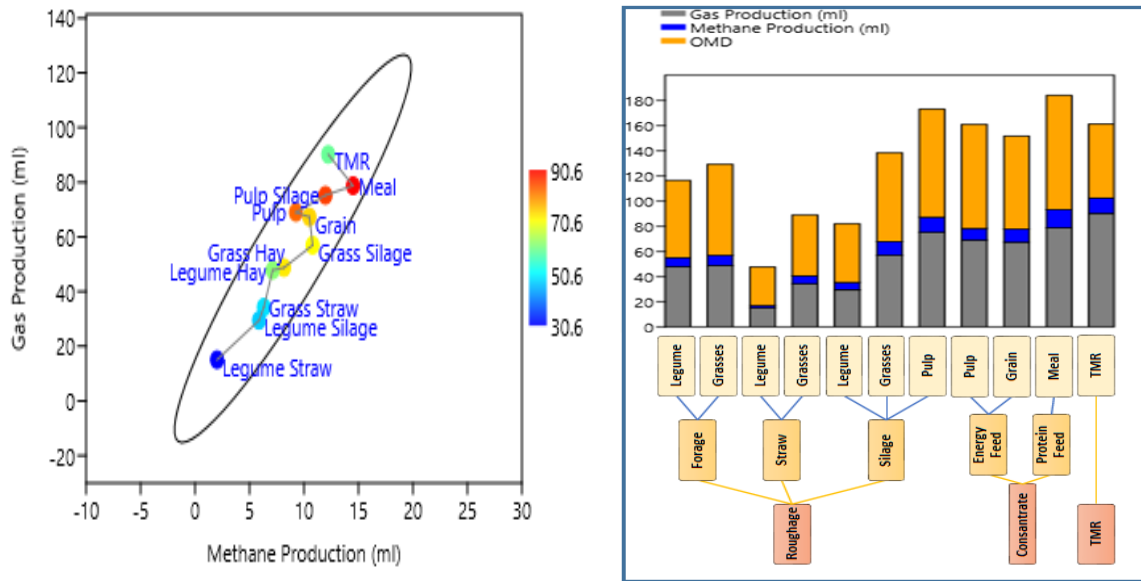
*In vitro* gas production parameters of feeds and the relationship between them are given in Graph 6 and Graph 7. *In vitro* gas production amounts of the feeds varied between 15.08-90.14 ml. The highest gas production was seen in the TMR group, while the lowest was seen in legume straw. Gas production amounts in hay feeds were similar in legume and grass feeds. Grain feeds produced more gas than legume feeds in the straw group. In the silage group, the highest gas production was observed in pulp silages, while the lowest was observed in legume silages. The highest gas production in roughage was seen in the silage group, and the lowest in the straw group, but the difference between the groups was not statistically significant ( $P>0.05$ ). In the energy feed group, pulp and grain feeds showed similarities in the amount of gas production. Although the meals in the protein feed group provided more gas production than the energy feeds, there was no statistical difference between the groups in the concentrate feeds ( $P>0.05$ ). The TMR group was found to be statistically significant in terms of gas production amount compared to the concentrate and forage groups ( $P<0.001$ ).



Graph 6. *In vitro* gas production parameters of the feeds used in the studies

The *in vitro* methane production amount of the feeds varied between 2.02-14.50 ml. The highest methane production was seen in meal feeds, while the lowest was seen in legume straw. The highest methane production in hay was found in grasses, the highest methane production in the hay group was again seen in grasses. In the silage group, the highest methane production was observed in pulp and grasses silages, while the lowest was found in legume silages. While the highest methane production in roughage was observed in the silage group, there was no statistical difference between the groups ( $P>0.05$ ). In the energy feed group, pulp and grain feeds had similar methane production, while meal had higher methane production. The protein feed group was found to be statistically significant compared to the energy feed group in terms of methane production amount in concentrate feeds ( $P<0.001$ ). The TMR group was found to be statistically significant in terms of methane production compared to the concentrate and forage groups ( $P<0.001$ ).

The OMD values of the feeds varied between 30.56-90.63 MJ/kg DM. The highest OMD values were observed in meals, while the lowest were observed in legume straw. In the hay group, grasses fodders had a higher OMD value than legume fodders, but there was no statistical difference ( $P>0.05$ ). In the straw group, the grasses straws had a higher OMD value than the legume straw, and the difference between them was statistically significant ( $P<0.001$ ). In the silage group, the highest OMD value was observed in the pulp silages, while the lowest was detected in the legume silages, and the difference between them was statistically significant ( $P<0.001$ ). The highest OMD value in roughage was found in the silage group, and while it was statistically similar to the hay group, it was found to be significant compared to the straw groups ( $P<0.001$ ). The highest OMD value of energy feeds was found in pulp feeds. While meals had the highest OMD value in the concentrate feed group, there was no statistical difference between protein and energy feeds ( $P<0.05$ ). While the TMR group was similar to the roughage, it was found to have a lower OMD value than the concentrate feeds, and the difference between the groups was found to be statistically significant ( $P<0.001$ ).



Graph 7. The relationship between *in vitro* gas productions parameters of the feeds used in the studies

Table 3. Nutrient (%DM) of feeds and *in vitro* studies gas analysis results for parameters

Feed	Type	Sort	DM	CA	NDF	ADF	CP	EE	GP <sub>24</sub>	MP <sub>24</sub>	OMD
Roughage	Hay	Legume	93,6 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	42,34 <sup>bc</sup>	27,59 <sup>cde</sup>	19,95 <sup>b</sup>	1,19 <sup>c</sup>	46,33 <sup>a-d</sup>	6,82 <sup>bc</sup>	61,74 <sup>d-f</sup>
		Grasses	92,0 <sup>a</sup>	9,46 <sup>a</sup>	44,67 <sup>b</sup>	23,32 <sup>de</sup>	13,50 <sup>bc</sup>	1,56 <sup>c</sup>	48,75 <sup>a-d</sup>	8,15 <sup>a-c</sup>	72,23 <sup>b-e</sup>
	Straw	Legume	88,7 <sup>a</sup>	8,53 <sup>ab</sup>	75,02 <sup>a</sup>	58,84 <sup>a</sup>	8,41 <sup>cd</sup>	0,65 <sup>c</sup>	15,08 <sup>d</sup>	2,02 <sup>c</sup>	30,56 <sup>h</sup>
		Grasses	91,7 <sup>a</sup>	6,83 <sup>ab</sup>	74,79 <sup>a</sup>	46,06 <sup>ab</sup>	4,92 <sup>d</sup>	0,80 <sup>c</sup>	35,52 <sup>b-d</sup>	6,41 <sup>bc</sup>	49,00 <sup>fg</sup>
	Silage	Legume	27,4 <sup>b</sup>	10,10 <sup>a</sup>	50,42 <sup>b</sup>	41,7 <sup>bc</sup>	11,98 <sup>cd</sup>	1,67 <sup>c</sup>	29,47 <sup>cd</sup>	5,87 <sup>bc</sup>	46,58 <sup>g</sup>
		Grasses	30,2 <sup>b</sup>	6,5 <sup>ab</sup>	55,81 <sup>ab</sup>	34,14 <sup>bcd</sup>	5,51 <sup>cd</sup>	1,79 <sup>bc</sup>	56,93 <sup>a-d</sup>	10,70 <sup>ab</sup>	70,55 <sup>c-e</sup>
Concentrate	Energy	Pulp	21,7 <sup>c</sup>	8,3 <sup>ab</sup>	17,32 <sup>d</sup>	15,68 <sup>e</sup>	5,67 <sup>cd</sup>	1,54 <sup>c</sup>	75,22 <sup>a-c</sup>	11,90 <sup>ab</sup>	85,75 <sup>a-b</sup>
		Grain	14,7 <sup>d</sup>	4,79 <sup>ab</sup>	20,82 <sup>cd</sup>	17,41 <sup>de</sup>	7,49 <sup>cd</sup>	5,67 <sup>a</sup>	68,95 <sup>a-c</sup>	9,26 <sup>ab</sup>	82,65 <sup>a-c</sup>
	Protein	Meal	90,2 <sup>a</sup>	2,62 <sup>b</sup>	35,67 <sup>bcd</sup>	14,33 <sup>e</sup>	10,27 <sup>cd</sup>	4,26 <sup>ab</sup>	67,28 <sup>a-c</sup>	10,40 <sup>ab</sup>	73,87 <sup>b-d</sup>
TMR		Meal	90,7 <sup>a</sup>	6,17 <sup>ab</sup>	34,36 <sup>bcd</sup>	20,03 <sup>de</sup>	31,20 <sup>a</sup>	2,96 <sup>bc</sup>	78,73 <sup>ab</sup>	14,50 <sup>a</sup>	90,63 <sup>a</sup>
TMR			92,0 <sup>a</sup>	9,88 <sup>a</sup>	48,09 <sup>b</sup>	28,99 <sup>cde</sup>	12,84 <sup>bcd</sup>	2,71 <sup>bc</sup>	90,14 <sup>a</sup>	12,22 <sup>ab</sup>	58,78 <sup>e-g</sup>
SEM			3,780	0,478	1,885	1,398	0,774	0,226	3,230	0,428	1,560
P			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

<sup>a-h</sup> Differences between averages with different letters in the same column are significant. DM: Dry matter (%), NDF: Fiber insoluble in neutral solvents, ADF: Fiber insoluble in acid solvents, CP: Crude protein, EE: Ether extract, GP: Gas production (ml), MP: Methane production (ml), OMD: Digestible organic matter (MJ/Kg, DM), SEM: Standard error of the mean.

Table 4. *In vitro* gas production, methane production and OMD values of the feeds used in the study

Feed	GP <sub>24</sub>	MP <sub>24</sub>	OMD
Roughages	45.59 <sup>c</sup>	7.30 <sup>c</sup>	66.14 <sup>b</sup>
Concentrate	60.04 <sup>b</sup>	9.62 <sup>b</sup>	78.18 <sup>a</sup>
TMR	90.14 <sup>a</sup>	12.22 <sup>a</sup>	58.78 <sup>b</sup>
SEM	3,230	0.428	1,560
P	0,000	0,000	0,000

<sup>a-c</sup> Differences between averages with different letters in the same column are significant. GP: Gas production (ml), MP: Methane production (ml), OMD: Digestible organic matter (MJ/Kg, DM), SEM: Standard error of the mean.

Table 5. *In vitro* gas production, methane production and OMD values of the feeds used in the study

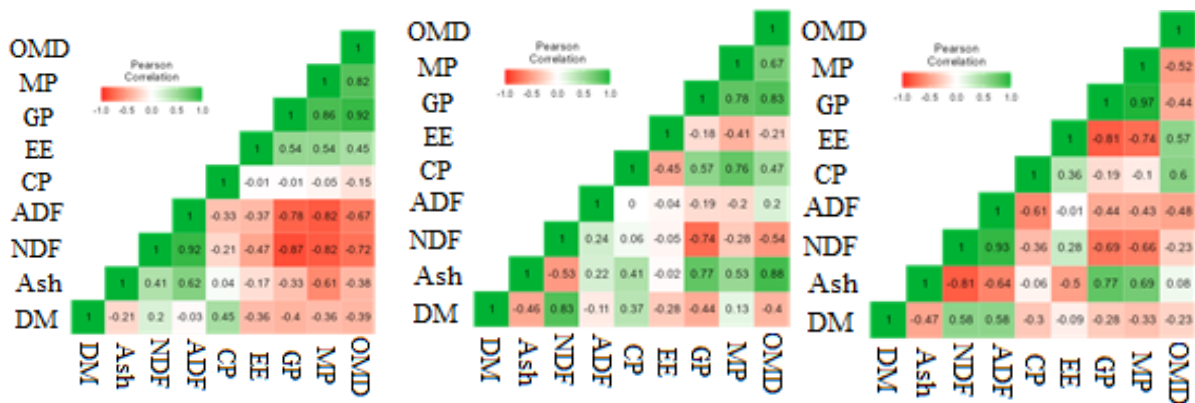
Feed	GP <sub>24</sub>	MP <sub>24</sub>	OMD
Hay	47.63 <sup>b</sup>	7.55 <sup>c</sup>	67.62 <sup>bc</sup>
Straw	44.73 <sup>b</sup>	7.15 <sup>c</sup>	50.34 <sup>d</sup>
Silage	61.50 <sup>ab</sup>	10.50 <sup>bc</sup>	74.15 <sup>b</sup>
Energy Feeds	66.98 <sup>ab</sup>	10.07 <sup>bc</sup>	76.78 <sup>b</sup>
Protein Feeds	78.73 <sup>a</sup>	14.50 <sup>a</sup>	90.63 <sup>a</sup>
TMR	90.14 <sup>a</sup>	12.22 <sup>ab</sup>	58.78 <sup>cd</sup>
SEM	3,230	0.428	1,560
P	0,000	0,000	0,000

<sup>a - d</sup> Differences between means with different letters in the same column are significant. GP: Gas production (ml), MP: Methane production (ml), OMD: Digestible organic matter (%), SEM: Standard error of the mean.

The results of the Pearson correlation test analysis regarding the nutrients and *in vitro* parameters of the feeds in the study are given in Graph 8.

Pearson's method was used on roughage. According to the correlation data, *in vitro* gas production, methane production, and OMD value were strongly negatively correlated with NDF and ADF, while a positive correlation was found with EE. While methane production has a strong negative relationship with DM, NDF, and ADF, it has a positive relationship with EE. Gas production, methane production and OMD were found to be strongly positively correlated. In concentrate feeds, gas production, methane production and OMD values were negatively correlated with NDF, while positive correlations were found with ash and CP. A strong positive relationship was found between gas production, methane production and OMD values. Gas production and methane production in TMR feeds were strongly negatively correlated with NDF, ADF and EE, but positively correlated with ash. While methane production was positively related to gas production, a negative correlation was found with OMD.

The relationship between *in vitro* gas production parameters and nutrients varies depending on the types of feeds. However, in general, gas production, methane production, and OMD values were negatively correlated with NDF and ADF, while positive correlations were found with CA and CP values.



Graph 8. Pearson feeds used in the study correlation analysis (roughage, concentrate and TMR)

## CONCLUSION

Different methods used to determine the nutritional value of feeds are especially important for the nutrition of ruminant animals. Among these methods are *in vitro* methods, which are similar to *in vivo* methods but require less labor, have a practical application, are simple to use, require less feed and time, and have a larger study area. In this study, the results of studies using the *in vitro* gas production technique were discussed, and the relationships between the nutritional values of feeds and *in vitro* gas production and methane production were examined. Statistical analyses showed that *in vitro* gas production, methane production, and OMD values of feeds showed an inverse relationship with NDF and ADF, while a linear relationship was found with ash and CP values.

**Conflict of Interest Statement:** The authors of the article declare that there is no conflict of interest between them.

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

## REFERENCES

- Aksoy, A., Macit, M., & Karaoğlu, M. 2000. Hayvan Besleme Ders Kitabı. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Böl. Erzurum*, 179-199.
- Ayaşan, T., Ergül, Ş., Ülger, İ., Baylan, M., Dinçer, M. N., Barut, H., ... & Mızrak, C. 2017. *In Vitro* Gaz Üretim Tekniği Kullanarak Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum durum L.*) Çeşitlerinin Besleme Değerinin Tespiti. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(4), 309-315.
- Basar, Y., & Atalay, A. İ. 2020. Turunçgil Posalarının Ruminant Beslemede Alternatif Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Metan Üretim Kapasiteleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 1449-1455.
- Boga, M., Kurt, O., Ozkan, C. O., Atalay, A. İ., & Kamalak, A. 2020. Evaluation of some commercial dairy rations in terms of chemical composition, methane production, net energy and organic matter digestibility. *Progress in nutrition*, 22(1), 199-203.
- Breves, G., & Leonhard-Marek, S. 2000. Verdauungsvorgänge in den Vormägen. *WV Engelhardt and G. Breves. Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart*, 345, 354.
- Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, Ş., Filya, İ. 2011. Esansiyel yağların sindirim, rumen fermantasyonu ve mikrobiyal protein üretimi üzerine etkileri. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 17:1 557-565.
- Curzaynz-Leyva, K. R., Bárcena-Gama, J. R., Hernández-Sánchez, D., Crosby-Galván, M. M., Escobar-España, J. C., Santillán-Gómez, E. A., & Cabañas-Martínez, O. 2020. Corn Based-diets Containing Corn Dried Distillers Grains with Solubles on Performance, Ruminant Fermentation, In vitro Methane Emissions, Carcass and Meat Quality of Lambs.
- Çiftçi, B., Akçura, S., Doran, T., Okumuş, O., Turan, A., Kaplan, M., & Kamalak, A. 2021. Vetiver ve Soya Karışım Silajının Fermantasyon Kalitesi, Besleme Özellikleri ile Gaz Ve Metan Üretiminin Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2), 295-300.
- Çiftçi, R., & Gül, M. 2021. Saman, Arpa ve Fiğın Propiyonik Asit ile Muamelesinin *In Vitro* Gaz Üretimi, Metan Üretimi ve Yem Değeri Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 16(3), 275-282.
- Dhakal, R., Ronquillo, M. G., Vargas-Bello-Pérez, E., & Hansen, H. H. 2022. Effect of Autochthonous Nepalese Fruits on Nutrient Degradation, Fermentation Kinetics, Total Gas Production, and Methane Production in In-Vitro Rumen Fermentation. *Animals*, 12(17), 2199.
- Efe, E., Bek, Y., & Şahin, M. 2000. İstatistik Yöntemler II. *TC Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Yayın*, (10), 214.
- Getachew, G., Blümmel, M., Makkar, H. P. S., & Becker, K. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 72(3-4), 261-281.
- Görgülü, M., Koluman Darcan, N., Göncü, S. 2009. Hayvancılık ve küresel ısınma. V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 30 Eylül-3 Ekim, Çorlu.
- Güleçyüz, E., & Kılıç, Ü. 2018. Farklı Katkı Maddeleriyle Peletlenen Buğday ve Soya Samanlarının *In Vitro* Gaz Üretim Parametreleri ile Metan Üretimlerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1), 13-21.
- Hegarty, R. S., & Klieve, A. V. 1999. Opportunities for biological control of ruminal methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(8), 1315-1320.
- IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change) 2001. *Climate change 2001: the scientific basis: contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.
- Kara, K., Pirci, G., Yılmaz, S., Baytok, E., & Yılmaz, K. 2022. Effects of fumaric and maleic acids on the fermentation, nutrient composition, proteolysis and *in vitro* ruminal gas of corn silage. *Grassland Science*.
- Kaya, A., Kaya, H., & Çelebi, Ş. 2012. Ruminant hayvanlarda metan üretimini azaltmaya yönelik çalışmalar/Studies to reduce the production of methane from ruminant. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(2), 197-204.
- Kaya, A., Başer, A., Kaya, A., Selçuk, B., & Cengiz, T. 2022. Determination of the Antimethanogenic Properties of Sumac Leaves (*Rhus coriaria L.*) Substitution at Different Ratios Instead of Corn Silage in Sheep Rations by *In Vitro* Gas Production Method. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(2), 309-312.

- Kılıç, Ü. 2021. Buğday Samanına Farklı Dozlarda Yaban Mersini (*Myrtus communis*) Yaprakları İlavesinin Metan Üretimi Üzerine Etkisi.
- Kılıç, Ü., & Sarıççek, B. Z.(2006. *In vitro* gaz üretim tekniğinde sonuçları etkileyen faktörler. *Hayvansal Üretim*, 47(2).
- Kurt, O. 2021. Effect of variety on nutritive value and anti-methanogenic potential of oat grain. *PROGRESS IN NUTRITION*, 23(3).
- Macit, M., & Palangi, V. 2019. *Baklagil kaba yemlerini organik asitlerle işlemenin In vitro gaz üretimi, rumen fermantasyonu ve metan üretimi üzerine etkisi* (Doctoral dissertation).
- Melesse, A., Steingass, H., Schollenberger, M., & Rodehutsord, M. 2017. Screening of common tropical grasses and legume forages in Ethiopia for their nutrient composition and methane production profile *in vitro*. *Tropical Grasseslands-Forrajes Tropicales*, 5(3), 163-175.
- Menke, K. H. & Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28: 7-55.
- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science* 93: 217–222.
- Ørskov, E. R. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livestock production science*, 39(1), 53-60.
- Ozkan, Ç. Ö., Kaya, E., Ülger, İ., Güven, İ., & Kamalak, A. 2017. Effect of species on nutritive value and methane production of citrus pulps for ruminants. *Hayvansal üretim*, 58(1), 8-12.
- Ozkan, Ç. Ö., Cengiz, T., Yanık, M., Evlice, S., Selçuk, B., Ceren, B., & Kamalak, A. 2020. Ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı kaba ve kesif yemlerin *in vitro* gaz üretiminin, metan üretiminin, sindirim derecesinin ve mikrobiyal protein üretiminin belirlenmesi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(1), 56-60.
- Öztürk, H. 2008. Ruminant beslemesinde probiyotik mayalar. *Veteriner Hekimler Derneği Derg*, 79(3), 37-42.
- Purba, R. A. P., Yuangklang, C., Paengkoum, S., & Paengkoum, P. 2020. Piper oil decreases *in vitro* methane production with shifting ruminal fermentation in a variety of diets. *Int. J. Agric. Biol*, 25, 231-240.
- Selçuk, B., Bakır, T., Kaya, A., & Başer, A. 2022. Yonca Kuru Otuna (*Medicago sativa*) Atık Kahve Ekstraktı İlavesinin Antimetanojenik Etkisinin *In Vitro* Gaz Üretim Metoduyla Belirlenmesi. *Muş Alparslan University Journal of Agriculture and Nature*, 2(2), 77-82.
- Tilley, J. M. A., & Terry, D. R. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grasses and forage science*, 18(2), 104-111.
- Ülger, İ., Beyzi, S. B., Kaliber, M., & Konca, Y. 2020. Chemical, nutritive, fermentation profile and gas production of citrus pulp silages, alone or combined with maize silage. *South African Journal of Animal Science*, 50(1), 161-169.
- Ülger, İ., Kaplan, M., Atasagun, B., Kardeş, Y. M., Doran, T., & Kamalak, A. 2018. Vegetasyon Döneminin Erciyes Korungasının (*Onobryhis Argaea*) Yem Özellikleri Üzerine Etkisi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-49.



**Pathogenicity of Turkish Entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) on the rice weevil: *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae)**

Alperen Kaan BÜTÜNER<sup>1</sup> , İsmail Alper SUSURLUK<sup>1\*</sup> 

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

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

Received: 11.05.2023 Received in revised: 14.06.2023 Accepted: 14.06.2023

**ABSTRACT**

Stored product pests are one of the most important biotic factors that cause serious postharvest losses of food crops in the course of storage. To control these pests, pesticides have been extensively used for many years. However, it is known that pesticides and their residues have toxic effects on non-target organisms. Therefore, it is believed that Entomopathogenic Nematodes (EPNs), which have been widely employed for biological control in agricultural fields, can be used for the potential control of *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera: Curculionidae). In this study, the biocontrol potential of *Steinernema feltiae* TUR-S3 and *Steinernema carpocapsae* TUR-S4 isolates (Rhabditida: Steinernema) were evaluated against the adults of *S. oryzae* at eight different concentrations [250 IJs/cm<sup>2</sup> (600 IJs/adult), 200 IJs/cm<sup>2</sup> (480 IJs/adult), 100 IJs/cm<sup>2</sup> (240 IJs/adult), 50 IJs/cm<sup>2</sup> (120 IJs/adult), 25 IJs/cm<sup>2</sup> (60 IJs/adult), 12 IJs/cm<sup>2</sup> (30 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (15 IJs/adult), and 3 IJs/cm<sup>2</sup> (7.5 IJs/adult)]. According to the results, both *S. feltiae* TUR-S3 and *S. carpocapsae* TUR-S4 exhibited the highest mortality rate (96.67%) on *S. oryzae* when applied at the concentration of 250 IJs/cm<sup>2</sup>. The most effective LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> values for *S. feltiae* TUR-S3 were determined as 47.55 and 167.16, respectively. These values were obtained as 35.66 and 121.79 for *S. carpocapsae* TUR-S4 isolate.

**Key words:** *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, *Sitophilus oryzae*, rice weevil, biological control

**Türk Entomopatojen Nematodların, *Steinernema feltiae* ve *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) Pirinç Biti *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) Üzerinde Patojenisitesi**

**ÖZ**

Depolanmış ürün zararlıları, tarım ürünlerin depolama sürecinde hasat sonrası ciddi kayıplara neden olan en önemli biyotik faktörlerden biridir. Bu zararlılar ile mücadele amacıyla yıllardır yaygınlıkla pestisitler kullanılmaktadır. Ancak pestisitlerin ve ne olduğu kalıntılarının hedef dışı organizmalar üzerinde oluşturduğu toksik etkiler bilinmektedir. Bu nedenle, tarım alanlarında biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılan Entomopatojen Nematodların (EPN), *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera: Curculionidae)'nin potansiyel kontrolünde kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada *Steinernema feltiae* TUR-S3 ve *Steinernema carpocapsae* TUR-S4 izolatlarının (Rhabditida: Steinernema) *S. oryzae*'nin erginleri üzerindeki biyokontrol potansiyel 8 farklı konsantrasyonda [250 IJs/cm<sup>2</sup> (600 IJs/ergin), 200 IJs/cm<sup>2</sup> (480 IJs/ergin), 100 IJs/cm<sup>2</sup> (240 IJs/ergin), 50 IJs/cm<sup>2</sup> (120 IJs/ergin), 25 IJs/cm<sup>2</sup> (60 IJs/ergin), 12 IJs/cm<sup>2</sup> (30 IJs/ergin), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (15 IJs/ergin), ve 3 IJs/cm<sup>2</sup> (7.5 IJs/ergin)] değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre hem *S. feltiae* TUR-S3 izolatu hemde *S. carpocapsae* TUR-S4 izolatu, *S. oryzae* erginlerinde en yüksek ölüm oranını (96.67%) 250 IJs/cm<sup>2</sup> uygulama konsantrasyonunda gerçekleştirmiştir. *S. feltiae* TUR-S3 için en etkili LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerleri sırasıyla 47.55 ve 167.16 dir. Bu değerler *S. carpocapsae* TUR-S4 izolatu için 35.66 ve 121.79 olarak elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, *Sitophilus oryzae*, pirinç biti, biyolojik mücadele

## INTRODUCTION

One of the primary causes of product loss in agricultural areas, both during production and storage, is agricultural pests (Oerke and Dehne, 2004; Neethirajan et al., 2007; Manosathiyadevan et al., 2017). For years, pesticides have been widely used against both field and storage pests (Muda, 1986; Dubey et al., 2008; Hamel et al., 2020). However, following the emergence of toxic effects of pesticides on non-target organisms, restrictions have been imposed on pesticide use. As a result, alternative pest control methods have gained importance (Flexner et al., 1986; Pereira et al., 2009; Zaller and Brühl, 2019).

One of the widely used alternative pest control methods is biological control (Gaugler, 2002). Entomopathogenic nematodes (EPNs) are endoparasitic organisms that are used in the biological control of a wide variety of agricultural pests including stored product pests (Gaugler et al., 1997; Shapiro-Ilan et al., 2006; Şahin et al., 2018; Yüksel et al., 2019). These organisms, belonging to Heterorhabditidae and Steinernematidae families, require a host to continue their life cycle (Burnell and Stock, 2000; Gaugler, 2002; Grewal et al., 2005). Only infective juvenile (IJ) stage of EPNs can infect hosts (Strauch and Ehlers, 1998; Kunkel et al., 2006; Susurluk et al., 2018). Species belonging to the Steinernematidae family can infect hosts with *Xenorhabdus* spp., which is a gram-negative bacterium carried in a special pouch in their bodies, through a symbiotic relationship (Ehlers et al., 1990; Wouts, 1990; Lunau et al., 1993; Sunanda et al., 2012; Ulu et al., 2015). Additionally, IJs can actively search for hosts and live for several months without feeding (Susurluk and Ehlers, 2008).

Product losses in agricultural are mainly attributed to pests, and post-harvest losses of about 10% also occur due to stored product pests (Negrisoli et al., 2013; Rumbos and Athanassiou, 2017). Rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), is a significant storage pest that can cause damage to grains (Karan et al., 1974; Govindan and Nelson, 2009; Swamy et al., 2014). This pest is commonly found in warehouses, and it prefers humid storage conditions ranging from 15% to 65%, where it feeds on the endosperm of wheat grains, leading to severe damage (Kavallieratos et al., 2007). Although pesticides have been traditionally used to control this pest, their use in warehouse conditions is not recommended due to the potential pesticide residues on products. Furthermore, continuous and excessive use of pesticides triggered the development of resistant populations, rendering their use less effective (Schöller et al., 2006; Hamel et al., 2020).

The primary objective of this study was to determine the virulence of different concentrations of TUR-S3, a isolate of *S. feltiae* Filipjev (Rhabditida: Steinernematidae), and TUR-S4, a isolate of *S. carpocapsae* Weiser, (Rhabditida: Steinernematidae) on *S. oryzae*.

## MATERIALS AND METHODS

### *Sitophilus oryzae* and Entomopathogenic Nematode Species:

In the present study, two EPN species, *S. feltiae* and *S. carpocapsae* were used. The both species were isolated in Bursa, Türkiye. The infective juveniles (IJs) were obtained through infecting *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory conditions and stored in Ringer solution at 4-6°C. *Sitophilus oryzae* adults used in the experiments were provided by the Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namik Kemal University. The adults used in the experiment were kept in a plant growth chamber in dark at 23±2°C.

### Experimental Design:

Firstly, filter papers were placed inside 6 cm diameter plastic Petri dishes. Then, 10 wheat grains were placed in the center of each Petri dish. Afterwards, the adults were released into the plastic Petri dishes containing wheat grains. Ten rice weevil adults were placed in each Petri dish. The IJs were applied at following concentrations: 250 IJs/cm<sup>2</sup> (600 IJs/adult), 200 IJs/cm<sup>2</sup> (480 IJs/adult), 100 IJs/cm<sup>2</sup> (240 IJs/adult), 50 IJs/cm<sup>2</sup> (120 IJs/adult), 25 IJs/cm<sup>2</sup> (60 IJs/adult), 12 IJs/cm<sup>2</sup> (30 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (15 IJs/adult), and 3 IJs/cm<sup>2</sup> (7.5 IJs/adult). EPN concentrations were applied to the filter papers in the plastic Petri dishes with a pipette in 400 µl Ringer solution. This experiment was conducted in triplicate for each EPN species. After inoculation, *S. oryzae* adults were maintained at 25°C. Four days after treatment, the mortality rates of the adults were calculated.

### Statistical analysis:

The data was analyzed with ANOVA following Fisher's LSD post-hoc test (p<0.05). JMP®16.0 software was used for ANOVA test. The values for LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> were calculated using the Minitab® statistical software.

## RESULTS

The highest mortality (96.67%) was achieved by *S. feltiae* at the concentration of 250 IJs/cm<sup>2</sup> (600 IJs/adult). The mortality rates obtained on adults with different doses of 200 IJs/cm<sup>2</sup> (480 IJs/adult), 100 IJs/cm<sup>2</sup> (240 IJs/adult), 50 IJs/cm<sup>2</sup> (120 IJs/adult), 25 IJs/cm<sup>2</sup> (60 IJs/adult), 12 IJs/cm<sup>2</sup> (30 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (15 IJs/adult) were determined as 90%, 76.67%, 70%, 60%, 46.67%, 23.33%, respectively. The lowest mortality rate on adults was obtained in the adults treated with a dose of 3 IJs/cm<sup>2</sup> (7.5 IJs/adult), and this rate was determined as 3.33%. Statistically significant differences were identified among the mortality rates of *S. oryzae* adults treated with *S. feltiae* (F = 52.44; df = 8,18; P < 0.0001) (Table 1).

Table 1. A percentage was calculated to determine the mortality rates of *S. oryzae* larvae caused by the utilized EPN isolates. Statistical analysis was carried out separately for each species (Mean ± SE). Means within each isolate that share the same letters are not significantly different.

EPN Species	Dose (IJs/cm <sup>2</sup> )	IJs/adult	Mortality rates (%)
<i>Steinernema feltiae</i> (TUR-S3)	250	600	96.67 ± 3.33 a
	200	480	90 ± 5.77 ab
	100	240	76.67 ± 6.67 bc
	50	120	70 ± 5.77 cd
	25	60	60 ± 5.77 de
	12	30	46.67 ± 3.33 e
	6	15	23.33 ± 6.67 f
	3	7.5	3.33 ± 3.33 g
	Control	0	0 ± 0 g
<i>Steinernema carpocapsae</i> (TUR-S4)	250	600	96.67 ± 3.33 a
	200	480	93.33 ± 6.67 ab
	100	240	86.67 ± 6.67 ab
	50	120	76.67 ± 6.67 bc
	25	60	66.67 ± 8.82 cd
	12	30	53.33 ± 3.33 d
	6	15	33.33 ± 6.67 e
	3	7.5	10 ± 5.77 f
	Control	0	0 ± 0 f

The highest mortality rate caused by *S. carpocapsae* on *S. oryzae* adults was determined as 96.67% in adult individuals treated with a dose of 250 IJs/cm<sup>2</sup> (600 IJs/adult). The mortality rates obtained on adults with different doses of 200 IJs/cm<sup>2</sup> (480 IJs/adult), 100 IJs/cm<sup>2</sup> (240 IJs/adult), 50 IJs/cm<sup>2</sup> (120 IJs/adult), 25 IJs/cm<sup>2</sup> (60 IJs/adult), 12 IJs/cm<sup>2</sup> (30 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (15 IJs/adult) were determined as 93.33%, 86.67%, 76.67%, 66.67%, 53.33%, 33.33%, respectively. The lowest mortality rate on adults was determined as 10% in adult individuals treated with the concentration of 3 IJs/cm<sup>2</sup> (7.5 IJs/adult). Statistically significant differences were identified among the mortality rates of *S. oryzae* adults treated with *S. carpocapsae* ( $F = 37.19$ ;  $df = 8,18$ ;  $P < 0.0001$ ) (Table 1). In addition, in this study, LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> values were determined for *S. feltiae* and *S. carpocapsae* isolates used at different concentrations. The LC<sub>50</sub> value for *S. feltiae* was found to be 47.55, and the LC<sub>90</sub> value was 167.16. For *S. carpocapsae*, the LC<sub>50</sub> value was determined as 35.66, and the LC<sub>90</sub> value was 121.796 (Table 2).

Table 2. The LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> values were determined for *S. oryzae* infected with *S. feltiae* TUR-S3 and *S. carpocapsae* TUR-S4 isolates.

EPN Species	n	LC <sub>50</sub> (95% CI)	LC <sub>90</sub> (95% CI)	Slope ± SE	X <sup>2</sup> (df)	P
<i>S. feltiae</i> (TUR-S3)	270	47.55 (31.76-63.35)	167.16 (131.38-202.93)	0.01 ± 0.001	26.02 (7)	<0.001
<i>S. carpocapsae</i> (TUR-S4)	270	35.66 (23.69-47.64)	121.79 (93.56-150.02)	0.01 ± 0.002	48.44 (7)	<0.001

## DISCUSSION

Pesticides are commonly used to control pests in agricultural fields and storage areas after harvest, which can cause yield losses. However, using pesticides to control pests before harvest and in storage conditions can result in a significant residue problem on products (Dede et al., 2022). Previous studies have shown that pesticides have toxic effects on humans and non-target organisms (Ali and Jain, 1998). Entomopathogenic nematodes are commonly used to control pests that cause yield losses in agricultural fields, but studies on their use in storage conditions are limited. The present study determined the potential use of the *S. feltiae* TUR-S3 and *S. carpocapsae* TUR-S4 isolates in controlling *S. oryzae*. Eight different concentrations were evaluated for the control of *S. oryzae*. Based on the conducted study, an increase in the application of IJs/adult concentration on *S. oryzae* has resulted in a proportional increase in the mortality rate of the pest. Therefore, this study, conducted with the aim of potential control of *S. oryzae*, is promising.

In recent years, EPNs have been widely used in the control of agricultural pests and other storage pests. However, studies on the use of EPNs for the control of *S. oryzae* are quite limited. In a study similar to the present study, Laznik et al. (2010) used three different isolates of *S. feltiae* to infect *S. oryzae* adults. Results showed that mortality rates increased as the number of applied IJs/adults increased, taking into account the temperature values used in the study. The outcomes of the present study are consistent with the findings of previous studies. Similarly, in a study conducted by Canhilal and Yüksel (2020), it was determined that the mortality rate observed in *S. oryzae* increased in direct proportion to the increase in the applied IJ dose on adults. These findings align with the results derived from the present study.

In a study conducted by Trdan et al. (2006), *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, and two other EPN isolates were used to control *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) adults. According to the results, it was determined that as the IJs/adult dose applied to the insects increased proportionally, the mortality rates observed in the insects also increased, taking into account the temperature values used in the study. In this regard, these findings are consistent with the results obtained from the present study. According to a study by Javed et al. (2020), *Steinernema pakistanense*, *Steinernema bifurcatum*, *Steinernema affine*, and *Steinernema cholashanense* (Rhabditida: Steinernematidae) isolates were used to infect adults of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). The findings indicated that increasing the IJs/adult dose applied to the insects led to a proportional increase in mortality rates observed in the adults. These results align with the outcomes of Canhilal and Yüksel (2020) who reported a positive and accelerating trend in the mortality rates of *S. oryzae* with increasing concentrations.

## CONCLUSION

In recent years, there has been a growing trend towards reducing the use of pesticides in agricultural fields and storage facilities to control pests, due to the toxic effects of pesticides on non-target organisms. This is particularly important in storage conditions, where pesticide use can lead to residues on the products. Therefore, the use of EPNs has emerged as a promising alternative for pest control in storage. This study has obtained highly effective results in controlling of *S. oryzae* using EPNs under laboratory conditions. However, some limitations arise in the application of EPNs under storage conditions. With further research and advancements, the use of EPNs is believed to be highly effective in controlling pests in storage conditions.

**Acknowledgement:** This study was financially supported by the TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Türkiye), Project number: 219O370. Prof. Dr. Özgür SAĞLAM is thanked for providing the rice weevil. Additionally, Dr. Tufan Can ULU is thanked for providing statistical support.

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

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

## REFERENCES

- Ali, I. and Jain, C.K. 1998. Groundwater contamination and health hazards by some of the most commonly used pesticides. *Current Science*, 75 (10): 1011-1014.
- Burnell, A. and Stock, S.P. 2000. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts—lethal pathogens of insects. *Nematology*, 2 (1): 31-42.
- Canhilal, R., and Yüksel, 2020. E. Laboratory evaluation of some native isolates of *Steinernema feltiae* against the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), (Curculionidae: Coleoptera). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(1): 65-69.
- Dede, E., Bütüner, A.K. and Susurluk, İ.A. 2022. Biocontrol potential of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH hybrid strain against the beet webworm, *Loxostege sticticalis* L., 1761 (Lepidoptera: Pyralidae). *Turkish Journal of Entomology*, 46 (4): 399-405
- Dubey, N.K., Srivastava, B. and Kumar, A. 2008. Current status of plant products as botanical pesticides in storage pest management. *Journal of biopesticides*, 1 (2): 182-186.
- Ehlers, R.U., Stoessel, S. and Wyss, U. 1990. The influence of phase variants of *Xenorhabdus* spp. and *Escherichia coli* (Enterobacteriaceae) on the propagation of entomopathogenic nematodes of the genera *Steinernema* and *Heterorhabditis*. *Revue de nématologie*, 13 (4): 417-424.
- Flexner, J., Lighthart, B. and Croft, B.A. 1986. The effects of microbial pesticides on non-target, beneficial arthropods. *Agriculture, ecosystems & environment*, 16 (3-4): 203-254.
- Gaugler, R. 2002. Entomopathogenic Nematology. CABI Publishing, Wallingford, UK, 394 pp.
- Gaugler, R., Lewis, E. and Stuart, R.J. 1997. Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes. *Oecologia*, 109: 483-489.
- Govindan, K. and Nelson, S.J. 2009. Insecticidal activity of twenty plant powders on mortality, adult emergence of *Sitophilus oryzae* L. and grain weight loss in paddy. *Journal of Biopesticides*, 2 (2): 169-172.
- Grewal, P.S., Ehlers, R.U. and Shapiro-Ilan, D.I. 2005. Critical issues and research needs for expanding the use of nematodes in biological control. In: *Nematodes as biocontrol agents*. Grewal, P.S., Ehlers, R.U. and Shapiro-Ilan, D.I. (eds.), CABI, Wallingford, UK, (pp. 479-489).
- Hamel, D., Rozman, V. and Liška, A. 2020. Storage of Cereals in Warehouses with or without Pesticides. *Insects*, 11 (12): 846.
- Javed, S., Khanum, T.A. and Khan, S. 2020. Biocontrol potential of entomopathogenic nematode species against *Tribolium confusum* (Jac.)(Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Fab.)(Coleoptera: Bostrichidae) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30: 1-6.
- Karan, S., Agrawal, N.S. and Girish, G.K. 1974. Studies on the quantitative loss in various high yielding varieties of maize, due to *Sitophilus oryzae* (L.) Col., Curculionidae. *Labdev Journal of Science and Technology*, 12 (1): 3-4.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Saitanis, C.J., Kontodimas, D.C., Roussos, A.N., Tsoutsas, M.S. and Anastassopoulou, U.A. 2007. Effect of two azadirachtin formulations against adults of *Sitophilus oryzae* and *Tribolium confusum* on different grain commodities. *Journal of food protection*, 70 (7): 1627-1632.

- Kunkel, B.A., Shapiro-Ilan, D.I., Campbell, J.F. and Lewis, E.E. 2006. Effect of *Steinernema glaseri*-infected host exudates on movement of conspecific infective juveniles. *Journal of Invertebrate Pathology*, 93 (1): 42-49.
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M. and Trdan, S. 2010. The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against adults of *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (1): 150-154.
- Lunau, S., Stoessel, S., Schmidt-Peisker, A.J. and Ehlers, R.U. 1993. Establishment of monoxenic inocula for scaling up in vitro cultures of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis* spp. *Nematologica*, 39 (1-4): 385-399.
- Manosathiyadevan, M., Bhuvaneshwari, V. and Latha, R. 2017. Impact of insects and pests in loss of crop production: a review. *Sustainable agriculture towards food security*, 2017: 57-67.
- Muda, A.R. 1986. Pest problems and the use of pesticides in grain storage in Malaysia. *ACIAR Proceedings Series, Australian Centre for International Agricultural Research*, 1986: 11-16.
- Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D.S. and White, N.D.G. 2007. Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Control* 18: 157-162.
- Negrisoni, C.R.D.C.B., Júnior, A.S.N., Bernardi, D. and Garcia, M.S. 2013. Activity of eight strains of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) against five stored product pests. *Experimental parasitology*, 134 (3): 384-388.
- Oerke, E.C. and Dehne, H.W. 2004. Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. *Crop protection*, 23 (4): 275-285.
- Pereira, J.L., Antunes, S.C., Castro, B.B., Marques, C.R., Gonçalves, A.M., Gonçalves, F. and Pereira, R. 2009. Toxicity evaluation of three pesticides on non-target aquatic and soil organisms: commercial formulation versus active ingredient. *Ecotoxicology*, 18: 455-463.
- Rumbos, C.I. and Athanassiou, C.G. 2017. The use of entomopathogenic nematodes in the control of stored-product insects. *Journal of Pest Science*, 90: 39-49.
- Schöller, M., Flinn, P.W., Grieshop, M.J. and Zdarkova, E. 2006. Biological control of stored product pests. *Insect management for food storage and processing*, 2006: 67-87.
- Shapiro-Ilan, D.I., Gouge, D.H., Piggott, S.J. and Fife, J.P. 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological control*, 38 (1): 124-133.
- Strauch, O. and Ehlers, R.U. 1998. Food signal production of *Photorhabdus luminescens* inducing the recovery of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis* spp. in liquid culture. *Applied microbiology and biotechnology*, 50: 369-374.
- Sunanda, B.S., Siddiqui, A.U. and Sharma, S. 2012. Effect of temperature on longevity of entomopathogenic nematodes, *Steinernema abbasi* and *Heterorhabditis indica*. *Indian journal of nematology*, 42 (1): 17-19.
- Susurluk, A. and Ehlers, R.U. 2008. Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops. *BioControl*, 53: 627-641.
- Susurluk, A., Şahin, Y.S. and Bouhari, A. 2018. Effects of some inorganic fertilizers on the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (Tur-S3) and *Heterorhabditis bacteriophora* (HBH). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 9 (2): 73-81.
- Swamy, K.N., Mutthuraju, G.P., Jagadeesh, E. and Thirumalaraju, G.T. 2014. Biology of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize grains. *Current Biotica*, 8 (1): 76-81.
- Şahin, Y.S., Bouchari, A., Ulu, T.C., Sadıç, B. and Susurluk, A. 2018. New application method for entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1976) (Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH strain against *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera: Acrididae). *Turkish Journal of Entomology*, 42 (4): 305-312.
- Trdan, S., Vidrih, M. and Valič, N. 2006. Activity of four entomopathogenic nematode species against young adults of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) under laboratory conditions/Wirkung von vier entomopathogenen Nematodenarten gegenüber *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) und *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) unter Laborbedingungen. *Journal of plant diseases and protection*, 2006: 168-173.
- Ulu, T.C., Sadic, B., Susurluk, I.A. and Aksit, T. 2015. Virulence of four entomopathogenic nematode species for plum sawfly, *Hoplocampa flava* L. (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Invertebrate Survival Journal*, 12 (1): 274-277.
- Wouts, W.M. 1990. The primary form of *Xenorhabdus* species (Enterobacteriaceae: Eubacteriales) may consist of more than one bacterial species. *Nematologica*, 36 (1-4): 313-318.

- Zaller, J.G. and Brühl, C.A. 2019. Non-target effects of pesticides on organisms inhabiting agroecosystems. *Frontiers in Environmental Science*, 7: 75. doi: 10.3389/fenvs.2019.00075.
- Yüksel, E., Canhilal, R. and Imren, M. 2019. Potential of four Turkish isolates of entomopathogenic nematodes against three major stored products insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 83: 317-321..

## Dichodontium pellucidum (Hedw.) Schimp. Karayosununun Antimikrobiyal, Antibiyofilm ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması

Güray UYAR<sup>1</sup>, Neslihan DEMİR<sup>2</sup>, Nurcihan HACIOĞLU DOĞRU<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çanakkale

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

Geliş Tarihi: 06.09.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 08.06.2023 Kabul Tarihi: 08.06.2023

### ÖZ

*Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp., Dicranaceae familyası üyesi; Avrupa, Asya, Kuzey Amerika ve Afrika gibi çeşitli bölgelerde yayılış gösteren bir karayosunudur. Bu çalışmada, *D. pellucidum* karayosununun dört farklı ekstraktının (etanol, metanol, aseton ve etil asetat) antimikrobiyal, antibiyofilm ve antioksidan potansiyelleri araştırılmıştır. Antimikrobiyal aktiviteyi değerlendirmek için disk difüzyon, minimum inhibitör konsantrasyon, ve minimum bakterisidal konsantrasyon testleri yapılmıştır. Karayosunu ekstraktlarının biyofilm oluşumu (antibiyofilm) üzerine etkileri, mikropilaka biyofilm metoduna göre değerlendirilmiştir. Ekstraktların antioksidan aktiviteleri serbest radikal temizleme yöntemi olarak 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ve CUPRAC kullanılarak ölçülmüştür. Karayosunu ekstraktları bakteriler için 8.0-16.0 mm, maya kültürü için 8.0-13.0 mm arasında değişen inhibisyon zonlarıyla tüm test mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir. En yüksek antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivite *Bacillus subtilis* ATCC 6633 bakterisine karşı etil asetat ekstraktında saptanmıştır. Metanol çözünenin diğer çözücülerden daha etkili antioksidan aktivite sergilediği gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, *D. pellucidum* yüksek potansiyelinden dolayı doğal antimikrobiyal ve antioksidan ajan araştırmalarında ve biyofilm kontrolünde tercih edilebileceğini kanıtlamıştır. Bu çalışma, *D. pellucidum* biyoaktivitesi için ilk rapordur. Bu yaklaşım aynı zamanda medikal kullanım veya ilaç araştırma geliştirmeleri için yeni araştırmalara izin verebilir.

**Anahtar kelimeler:** *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp., ekstrakt, antagonistik aktivite, biyofilm

### Investigation of Antimicrobial, Antibiofilm and Antioxidant Activities *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp

#### ABSTRACT

*Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. is a moss species belonging to the family Dicranaceae. It is distributed in various regions around the world, including Europe, Asia, North America, and Africa. In this study, antimicrobial, antibiofilm and antioxidant potentials four extracts (ethanol, methanol, acetone and ethyl acetate) of *D. pellucidum* were investigated. Disc diffusion, minimum inhibitory concentration, and minimum bactericidal concentration tests were performed to evaluate the antimicrobial activities. The effects of moss extracts on biofilm formation (antibiofilm) were evaluated based on crystal violet binding assay. The antioxidant activity of the extracts were measured by using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) as a free radical scavenging method. The extracts of the moss have exhibited antimicrobial activity against all tested microorganisms with inhibition zones ranged from 8.0 to 16.0 mm for bacteria, 8.0 to 13.0 mm for the yeast culture. The highest antimicrobial and antibiofilm activity was achieved in ethyl acetate extract against the bacterium *B. subtilis* ATCC 6633. It was observed that the methanol solvent exhibited an effective antioxidant activity than other solvents. Obtained findings proved that the *D. pellucidum* frequently preferred in the investigation of natural antimicrobial and antioxidant agents and could be preferred for surveys of biofilm



control due to their high potentials. This is the first report on the bioactivities of *D. pellucidum*. This approach may also allow new kind of research in medicinal usage or development of drug research.

**Key words:** *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp., extract, antagonistic activity, biofilm.

## GİRİŞ

1920’li yıllarda keşfedildiği günden bugüne yoğun kullanım oranı antibiyotiklere karşı direnci de beraberinde getirmiştir. Bu durum enfeksiyonların tedavisinde yeni antimikrobiyal maddeler ve türevlerinin araştırılmasını önemli kılmıştır. Doğal antimikrobiyal maddelerin en önemli kaynakları arasında bakteriler, funguslar ve yüksek bitkiler yer alırken, yüzyıllardır yara iyileştirme ve enfeksiyon riskini azaltma gibi amaçlarla kullanılan karayosunlarının yeni antibiyotik kaynağı olarak yeterince değerlendirilmediği bilinmektedir (Basile ve ark., 1999; Sawant, 2010). Oligosakkarit, polisakkarit, alkol, aminoasit, yağ asitleri, alifatik bileşikler, fenilkinon, aromatik ve fenolik maddeler gibi biyoaktif bileşenleri karayosunlarını çevresel zararlılara (böcek larva, fungus, bakteri vb.) karşı koruması sebebiyle tıbbi açıdan bu grubun araştırılmasını da gerekli kılmaktadır (Kang, 2007; Altuner, 2008; Canlı ve ark., 2015).

Karayosunlarının antibakteriyel (Van ve ark., 1981; Singh ve ark., 2006), antifungal (Wu ve ark., 2008; Cheng ve ark., 2009), antiviral (Van ve ark., 1981; Singh ve ark., 2006), antioksidan (Dey ve De, 2012), antiinflamatuvar (Ivanova ve ark., 2007) ve antikanser (Lee, 1999; Dholwani ve ark., 2008; Dey ve Mukherjee, 2015) aktiviteye sahip farmakolojik olarak önemli bileşenler içerdiklerini ortaya koyan pek çok araştırma mevcuttur. Bu nedenle tıp, biyoteknoloji, farmasötik endüstrisi gibi pek çok alanda karayosunlarının doğal tıbbi kaynaklar olarak kullanımları oldukça önemlidir.

*Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. karayosunu, dere ve nehir kenarlarındaki çakıllı ve kumlu topraklarda ve nemli kum tepeliklerinde, nadiren de kireçli otlaklarda yayılış gösteren (Smith, 2004) bir tür olup; literatür araştırmaları, bu türün şimdiye kadar herhangi bir biyolojik aktivite çalışmasına konu olmadığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada amacımız, *D. pellucidum* karayosununun ilk kez toplam flavanoid ve fenolik madde bileşenleriyle birlikte antimikrobiyal, antibiyofilm ve antioksidan aktivitelerini ortaya koymak ve terapötik madde olma potansiyelinin aydınlatılmasına katkı sağlamaktır.

## MATERYAL ve METOT

### **Karayosunu Materyalinin Toplanması**

Araştırma materyali Sakarya, Akyazı, 40° 35’ 09” K, 30° 33’ 11” D, 750 m’den Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Öğretim Üyesi Prof. Dr. Güray UYAR tarafından 24.08.2017 tarihinde toplanmış olup; türün teşhisi yine aynı Öğretim Üyesi tarafından henüz basılı bir Türkiye Briyofit Florası olmadığı için çeşitli ülkelere ait flora eserlerinden faydalanılarak yapılmıştır (Nyholm, 1986, 1989, 1993, 1998; Smith, 2004).

### **Karayosunu Ekstresinin Hazırlanışı**

Oda sıcaklığında kurutulan test materyali (15 g) mekanik parçalayıcıyla parçalanmış ve Soksilet cihazında 12 saat süreyle farklı polariteye sahip etanol, metanol, aseton ve etil asetat çözümleri ile ekstrakte edilmiştir (Khan ve ark., 1988). Evaporatör ile çözümler uçurulduktan sonra bitki ekstraktı dimetil sülfoksit (DMSO) ile çözülerek biyolojik aktivite çalışmalarına hazır hale getirilmiştir.

### **Toplam Flavonoid ve Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi**

Ekstraktların toplam flavonoid madde miktarı, Matejić ve ark. (2013)’nin geliştirdiği yöntemle göre belirlenmiştir. Toplam flavonoid madde miktarı standart olarak kullanılan mg kuersetin eşdeğeri (KE)/g ekstrakt olarak hesaplanmıştır.

Ekstraktların toplam fenolik bileşik miktarı Folin-Ciocalteu ayırıcı ile Slinkard ve Singleton (1977)’un geliştirdiği metoda göre tayin edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı standart olarak kullanılan mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g ekstrakt olarak hesaplanmıştır.

### **Ekstraktların Antimikrobiyal ve Antibiyofilm Aktivitelerinin Belirlenmesi**

*Escherichia coli* NRRL B-3704, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 bakterileri ile *Candida albicans* ATCC 10231 maya kültürü ekstraktların antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivitelerinin saptanması için kullanılmıştır. Antimikrobiyal aktivite disk difüzyon (Bauer, 1966) ve mikrodilüsyon [minimum inhibisyon konsantrasyon (MİK) ve minimum mikrobisidal konsantrasyon (MBK)] (Wikler, 2006) metotları kullanılarak; antibiyofilm aktiviteleri ise MİK ve MİK altı konsantrasyonda mikropilaka biyofilm metodu (Merritt ve ark., 2005) ile saptanmıştır.

**Antioksidan Aktivite Tayini****Serbest Radikal Giderme Aktivitesi (DPPH) Tayini**

DPPH tayini Blois (1958) metoduna göre 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak yapılmıştır. Taze olarak hazırlanan DPPH çözeltisinden örnekler 0.5 mL eklenerek karanlık ortamda oda sıcaklığında 30 dk. bekletildikten sonra spektrofotometrede 517 nm’de örneklerin absorbanları köre karşı ölçülmüştür. Pozitif kontrol olarak bütil hidroksi toluen (BHT) kullanılmıştır. Her örneğin radikal giderme aktivitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmış, sonuçlar % inhibisyon olarak belirlenmiştir.

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

A<sub>0</sub>: Ekstrakt veya standart içermeyen kontrol absorbanı; A<sub>1</sub>: Ekstrakt veya standart absorbanı

**Cu (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) Belirleme Tayini**

CUPRAC yöntemi Apak ve ark. (2005) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır.

**Veri Analizi**

Tüm denemeler üç tekrarlı çalışılmıştır. Antioksidan değerleri ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri MINITAB Statistical Software 13.20 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

**BULGULAR ve TARTIŞMA****Toplam Flavanoid ve Fenolik Madde Bileşenleri**

*D. pellucidum* karayosununun 4 farklı ekstraktından en yüksek toplam flavonoid ve fenolik madde içerikleri sırasıyla 4.15 ± 0.11mg KE/g ve 32.87 ± 2.13mg GAE/g olarak metanol ekstraktında bulunmuştur (Çizelge 1). Çalışmamızda tespit ettiğimiz flavonoid ve fenolik madde içerikleri daha önce farklı karayosunlarından elde edilen içeriklerle korelasyon göstermektedir (Basile ve ark., 1999; Dülger ve ark., 2009; Ertürk ve ark., 2015; Onbaşlı ve Yuvalı, 2021).

Çizelge 1. *D. pellucidum* ekstraktlarının toplam flavonoid ve fenolik madde içerikleri

Ekstrakt	Toplam flavonoid madde (mg KE/g Ekstrakt)	Toplam fenolik madde (mg GAE/g Ekstrakt)
E1	469.434.06 ± 0.09	17.18 ± 1.65
E2	4.15 ± 0.11	32.87 ± 2.13
E3	3.98 ± 0.04	18.65 ± 1.56
E4	4.02 ± 0.02	15.62 ± 0.84

E1: Etanol; E2: Metanol; E3: Aseton; E4: Etil asetat; KE: Kuersetin; GAE: Gallik asit

**Antimikrobiyal ve Antibiyofilm Sonuçları**

Ekstraktların test mikroorganizmaları üzerine antimikrobiyal aktivite bulguları Çizelge 2’de verilmiştir. Ekstraktların test kültürlerine karşı 8.0-16.0 mm aralığında antagonistik aktiviteleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *B. subtilis* ATCC 6633 bakterisine karşı etil asetat; *P. aeruginosa* ATCC 27853 test bakterisine karşı ise tüm ekstraktların mukayese antibiyotiği Penisilinden (P10)’den yüksek antibakteriyel etki gösterdiği saptanmıştır. MİK değerleri ise test bakterilerine karşı 10.0 – 20.0 µg/mL ve *C. albicans* ATCC 10231 maya kültürüne karşı 5.0 – 20.0 µg/mL aralığında değişmekle birlikte hiçbir MİK değerinin mukayese antibiyotiklerinin MİK değerlerinden yüksek olmadığı da belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen MBK değerleri ise tüm test mikroorganizmalarına karşı 20.0 µg/mL olarak belirlenmiştir.

Karayosununun etanol, metanol, aseton ve etil asetat ekstraktlarından elde edilen MİK değerlerinden yola çıkılarak MİK ve MİK altı değerlerde konsantrasyonlar ayarlanmış ve biyofilm üretim miktarlarındaki azalma biyofilm giderim yüzdesi olarak Çizelge 3’de verilmiştir. Tüm ekstraktların MİK ve MİK/2 değerlerinde antibiyofilm aktivitesi saptanmış ve en yüksek oranın *B. subtilis* ATCC 6633 bakterisine karşı elde edildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 2. *D. pellucidum* ekstraktlarının disk difüzyon, MİK ve MBK değerleri

Mikroorganizmalar	*Disk Difüzyon <sup>a</sup>				MİK				MBK							
	E1	E2	E3	E4	Kontrol		Kontrol		Kontrol		Kontrol					
					P 10	NY100	E1	E2	E3	E4	ST	NY100	E1	E2	E3	E4
<i>E. coli</i> NRRL B-3704	11.0	9.0	10.0	13.0	16.0	-	10.0	20.0	10.0	10.0	4.0	-	20.0	20.0	20.0	20.0
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	10.0	12.0	11.0	10.0	8.0	-	10.0	10.0	10.0	10.0	1.0	-	20.0	20.0	20.0	20.0
<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	11.0	9.0	11.0	16.0	14.0	-	10.0	10.0	10.0	10.0	4.0	-	20.0	20.0	20.0	20.0
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	9.0	10.0	11.0	13.0	15.0	-	20.0	20.0	10.0	10.0	4.0	-	20.0	20.0	20.0	20.0
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	10.0	8.0	12.0	13.0	-	16.0	5.0	20.0	5.0	5.0	-	2.5	20.0	20.0	20.0	20.0

E1: Etanol; E2: Metanol; E3: Aseton; E4: Etil asetat; \*Inhibisyon zonu (mm); a disk çapı (6 mm); P10 = Penisilin (10 ug/disc); NY100: Nistatin; ST: Streptomisin; -: Denenmedi

Çizelge 3. *D. pellucidum* karayosunu ekstraktlarının antibiyofilm (% inhibisyon) aktivitesi

Konsantrasyon (µg/mL)	Test Mikroorganizmaları																			
	<i>E. coli</i> NRRLB 3704				<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853				<i>B. subtilis</i> ATCC 6633				<i>S. aureus</i> ATCC 6538P				<i>C. albicans</i> ATCC 10231			
	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
<b>MİK</b>	66.44	67.12	65.10	72.04	60.09	87.65	76.05	77.06	85.04	87.4.2	85.04	90.03	76.65	75.04	77.08	72.16±1.	79.82	65.03	72.04	75.12
	±2.33	±1.22	±2.22	±0.21	±2.12	±3.14	±2.24	±0.32	±2.14	2±1.24	±0.15	±0.01	±5.45	±3.12	±2.14	14	±1.12	±1.4	±1.21	±1.02
<b>MİK/2</b>	49.45	48.09	54.03	55.04	75.33	65.05	68.07	67.04	70.01	53.56±	62.23	65.12	44.16	55.78	43.26	45.04±1.	68.67	56.87	44.18	52.04
	±1.23	±0	±0.21	±0.14	±5.67	±0.45	±2.25	±1.24	±0.10	4.22	±0.12	±1.25	±1.76	±1.23	±1.43	24	±2.56	±2.33	±1.54	±2.12
<b>MİK/4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.98	-	-	-	-	-	-	-
													±1.20							
<b>MİK/8</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.62	-	-	-	-	-	-	-
													±2.11							

Karayosunlarının ham ekstraktlarının hipnojenoller, biflavonoidler ve dihidroflavonoller polisiklik aromatik hidrokarbon, biflavonoidler ve hidroksi flavonoidler içerdikleri ve bu içeriklerin mikrobiyal enfeksiyonlara bitkilerdeki önemli yanıtlardan oldukları pek çok araştırmada bildirilmiştir (Sievers ve ark., 1994; Basile ve ark., 1999; Dülger ve ark., 2009; Ertürk ve ark., 2015). Antimikrobiyal aktivite muhtemelen hücre dışı ve çözünebilir olan bu proteinlerin bakteriyel hücre duvarları ile kompleksleşme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle lipofilik flavonoidlerin mikrobiyal membranları bozabildiği bilinmektedir (Basile ve ark., 1999). Dolayısıyla çalışmamızda tüm test mikroorganizmalarına karşı önemli derecede antimikrobiyal aktivite tespit edilmiş olması karayosunu örneğinin içerdiği flavanoid ile ilişkilendirilebilir. Farklı araştırmacılarca yapılan çalışmalarda farklı karayosunu türlerinin genellikle antifungal aktivitelerinin güçlü olduğu bildirilmiştir (Veljić ve ark., 2008; Ertürk ve ark., 2015). Bununla birlikte, Dülger ve ark. (2009), *Anomodon viticulosus*, *Polytrichostrom formosum*, *Plasteurhynchium meridionale* ve *Ctenidium molluscum* karayosunlarından özellikle *P. meridionale* ve *A. viticulosus* türlerinin bakteri, maya ve küf gruplarından tüm test mikroorganizmalarına karşı antagonistik etkilerini saptamışlardır. Çalışmamızda elde edilen antimikrobiyal aktivite bulgularının Dülger ve ark. (2009) tarafından elde edilen verilerle benzerlik gösterdiği ve bu antagonistik etkinin geniş kapsamlı olmasının karayosununun coğrafi özellikleri ve ekstraksiyonda kullanılan çözügen çeşitliliği ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Doğal kaynaklardan elde edilen pek çok antimikrobiyal ajanın aynı zamanda mikrobiyal biyofilm oluşumunu da engellediği bilinmektedir. Özellikle mevcut antibiyotiklere karşı, biyofilm oluşturan mikroorganizmaların planktonik olanlara nazaran yüksek direnç göstermesi, araştırmacıları antibiyofilm özellikte olan yeni doğal antibiyotik kaynaklarının saptanmasına yönlendirmektedir (Karaca ve ark., 2017). Karayosunlarının doğal antibiyofilm özellikte terapötik maddeler olabilir potansiyellerinin tarandığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Onbaşlı ve Yuvalı (2021), *Bryum capillare* türünün *S. aureus*, *S. epidermidis* ve *C. albicans* test kültürlerine karşı biyofilm giderme yüzdelerini araştırdıkları çalışmalarında sadece *S. epidermidis* ATCC 12228 bakterisine karşı %3-5 oranında giderim yüzdesi tespit etmişlerdir. *D. pellucidum* karayosununda ise tüm test kültürlerine karşı antibiyofilm ilaç olma potansiyeli bakımından ümit veren sonuçlar elde edilmiştir.

#### Antioksidan Aktivite Sonuçları

Çalışmada *D. pellucidum* karayosununun altı farklı konsantrasyondaki (100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 µg/mL) antioksidan aktiviteleri, 517 nm'de absorpsiyon değerleri ölçülerek hesaplanmıştır. Çalışmada serbest radikal giderme aktivitesinin konsantrasyona bağlı olarak arttığı tespit edilmiş ve en yüksek DPPH inhibisyonu 1000 µg/mL konsantrasyonunda %72.96 olarak metanol ekstraktında görülmüştür. Sırası ile BHT>Metanol>Aseton>Etil Asetat>Etanol ekstraktları DPPH antioksidan aktivitesi sergilemişlerdir (Çizelge 4).

Çizelge 4. *D. pellucidum* Karayosununun DPPH yöntemi ile serbest radikal giderme aktivitesi (% inhibisyon±SH)

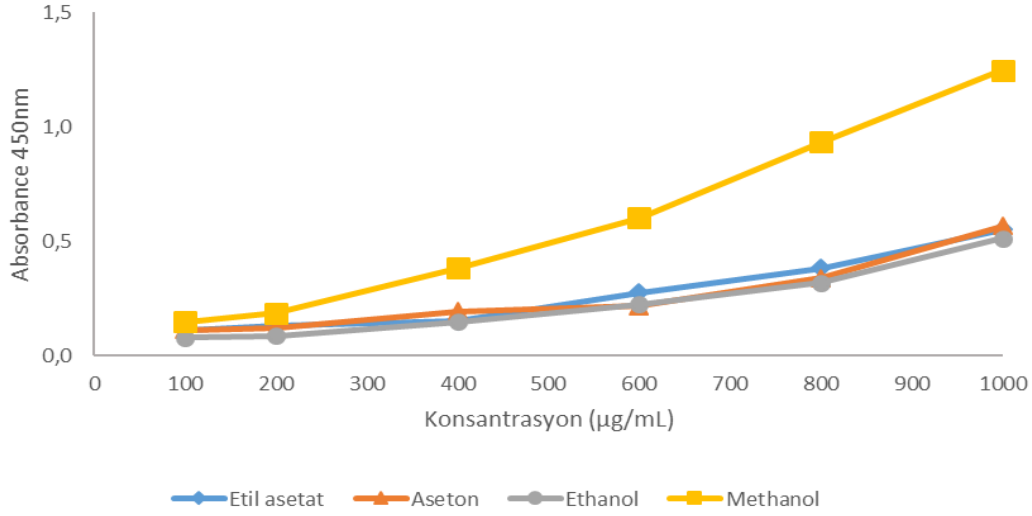
Konsantrasyon (µg/mL)	E1	E2	E3	E4	BHT
100	46.12±0.90	60.50±1.52	47.75±0.18	47.56±1.60	61.12±2.34
200	46.98±0.25	62.99±0.53	47.84±0.71	48.03±0.69	64.37±1.98
400	47.46±0.85	63.57±1.33	51.87±0.58	48.42±1.58	71.49±1.64
600	47.84±0.93	69.80±1.06	54.65±1.55	52.16±0.57	73.90±0.99
800	49.28±0.74	74.30±0.84	56.28±2.03	53.50±0.96	75.14±2.17
1000	49.76±0.63	72.96±1.57	60.21±1.42	53.69±0.88	85.44±2.87

E1: Etanol; E2: Metanol; E3: Aseton; E4: Etil asetat

Ekstraktların CUPRAC etkisine baktığımızda da metanol ekstraktının diğer ekstraktlardan çok daha yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Etil asetat, aseton ve etanol ekstraktlarının 200 µg/mL'den sonra konsantrasyon artışına bağlı olarak antioksidan aktivitelerinin yükseldiği görülmüştür (Şekil 1). *D. pellucidum* karayosununun yüksek DPPH ve CUPRAC aktiviteleri bu karayosununun güçlü serbest radikal süpürücü aktivitesini ortaya koymaktadır.

Karayosunlarının içerdiği polifenoller ve flavonoidler aynı zamanda antioksidan aktiviteden de sorumlu ana bileşenlerdir (Ertürk ve ark., 2015). *D. pellucidum*'un antioksidan aktivitesi hakkında herhangi bir araştırma saptanamazken farklı karayosunlarıyla yapılan pek çok çalışma mevcuttur (Dey and De, 2012; Ertürk ve ark., 2015; Gahtori ve Chaturvedi, 2019; Onbaşlı ve ark., 2019; Onbaşlı ve Yuvalı, 2021). *Dicranum scoparium* ve

*Porella platyphylla* taksonları ile yapılan DPPH radikal giderme aktivitesi çalışmasında *D. scoparium* türünün içerdiği polifenolik bileşikler miktarına bağlı olarak daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür (Aydın, 2020).



Şekil 1. *D. pellucidum* ekstraktlarının Cu (II) iyonu indirgeyici antioksidan kapasitesi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizde tıbbi bitkilerin aksine karayosunları, sistematik, ekolojik vb. çalışma alanlarına kıyasla sınırlı ölçüde biyolojik aktiviteleri araştırılmış önemli bir taksondur (Dülger ve ark., 2009; Uyar ve ark., 2016; Ballı ve ark., 2018; Keskin ve Uyar, 2019; Canoğlu ve ark., 2019; Çöteli ve ark., 2019). Çalışmamıza konu alan *D. pellucidum* türü ile ilgili ise sistematik çalışmalar (Uyar ve ark., 2020) haricinde antimikrobiyal, antibiyofilm ve antioksidan aktivite gibi ilaç hammaddesi olma potansiyelinin ortaya konduğu çalışmalara dair literatür tespit edilememiştir. Bu sebeple araştırmamız bu türün fitokimyasal, antimikrobiyal ve antibiyofilm ile antioksidan aktivitelerinin ortaya konduğu ilk araştırma olma özelliği taşımaktadır. Sonuçlar, antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivite bakımından tüm ekstraktların, antioksidan aktivite bakımından ise özellikle metanol ekstraktının daha ileri biyolojik aktivite çalışmaları için önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu karayosununun insan, hayvan ve bitki hastalıkları için doğal bir antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

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

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

## KAYNAKLAR

- Altuner, E.M. 2008. Bazı karayosunu türlerinin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E. N., ve Altun, M. 2005. Total antioxidant capacity assay of human serum using copper (II)-neocuproine as chromogenic oxidant: the CUPRAC method. *Free Radical Research*, 39(9): 949-961.
- Aydın, S. 2020. The free radical scavenging activities of biochemical compounds of *Dicranum scoparium* and *Porella platyphylla*. *Anatolian Bryology*, 6(1): 19-26.
- Ballı, D.Z., Ezer, T., Ünal, T.B. ve İşlek, C. 2018. *Plagiomnium undulatum* (Bryophyta) ekstraktlarının *Sinapis arvensis*'in fide gelişimi üzerine etkileri. *Anatolian Bryology*. 4(2): 84–91.
- Basile, A., Giordano, S., Saez, J.A.L. ve Cobianchi, R.C. 1999. Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses. *Phytochemistry*, 52: 1479-1482.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C. ve Turck, M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45: 493-496.

- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a free radical. *Nature*, 181: 1199- 1200.
- Canlı, K., Altuner, E.M. ve Akata, I. 2015. Antimicrobial screening of *Mnium stellare*. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 10: 321-325.
- Canoğlu, B., Başbülbül, F. ve Kırmacı M. 2019. Determination of antibacterial activities of *Sphagnum centrale* C.E.O. Jensen and *S. nemoreum* Scop. which are naturally growing in Turkey. *Anatolian Bryology*, 5(2): 100-106.
- Cheng, A., Sun, L., Wu, X. ve Lou, H. 2009. The inhibitory effect of a macrocyclic bisbibenzyl riccardin D on the biofilms of *Candida albicans*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 32(8): 1417-1421.
- Çöteli, E., Alataş, M., Batan, N. ve Hazer, Y. 2019. Bazı Bryaceae (Bryophyta) türlerinin glutatyon içeriklerinin karşılaştırılması. *Anatolian Bryology*. 5(1): 15–21.
- Dey, A. ve De, J.N. 2012. Antioxidative potential of bryophytes: stress tolerance and commercial perspectives: a review. *Pharmacology*, 3(6): 151-9.
- Dey, A., ve Mukherjee, A. 2015. Therapeutic potential of bryophytes and derived compounds against cancer. *Journal of Acute Disease*, 4(3): 236–248
- Dholwani, K.K., Saluja, A.K., Gupta, A.R. ve Shah, D.R. 2008. A review on plant-derived natural products and their analogs with anti-tumor activity. *Indian Journal of Pharmacology*, 40(2): 49-58.
- Dülger, B., Hacıoğlu, N. ve Uyar, G. 2009. Evaluation of antimicrobial activity of some mosses from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 21(5): 4093-4096.
- Ertürk, Ö., Şahin, H., Ertürk, E., Hotaman, H.E., Koz, B. ve Özdemir, Ö. 2015. The antimicrobial and antioxidant activities of extracts obtained from some moss species in Turkey. *Herba Polonica*, 61(4):52-65.
- Gahtori, D. ve Chaturvedi, P. 2019. Bryophytes: A Potential Source of Antioxidants. In Bryophytes. IntechOpen.
- Ivanova, V., Kolarova, M., Aleksieva, K., Dornberger, K.J., Haertl, A. ve Moellmann, U. 2007. Sanionins: anti-inflammatory and antibacterial agents with weak cytotoxicity from the Antarctic moss *Sanionia georgico-uncinata*. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 37(4): 343-52.
- Kang, S.J., Kim, S.H., Liu, P., Jovel, E. ve Towers, G.H.N. 2007. Antibacterial activities of some mosses including *Hylocomium splendens* from South western British Columbia. *Fitoterapia*, 78(5): 373-376.
- Karaca, B., Akata, I., Çöleri Cihan, A. 2017. *Lentinus edodes*, *Lactarius deliciosus* ve *Ganoderma lucidum*'un antibiyofilm ve antimikrobiyal etkinlikleri. *Kastamonu Univ., Orman Fakültesi Dergisi*,17(4): 660-668.
- Keskin, N.O. ve Uyar, G. 2019. Methylene blue dye removal using *Sphagnum palustre* L. Bog-moss as a reusable biosorbent. *Anatolian Bryology*. 5(1): 1–7.
- Khan, N.H., Rahman, M. ve Nur-e-Kamal, M.S.A. 1988. Antibacterial activity of *Euphorbia thymifolia* Linn. *The Indian Journal of Medical Research*, 87(4): 395–397.
- Lee, K.H. 1999. Anticancer drug design based on plant-derived natural products. *Journal of Biomedical Science*, 6(4): 236-50.
- Matejić, J.S., Džamić, A.M., Mihajilov-Krstev, T.M., Ranđelović, V.N., Krivošej, Z.Đ. ve Marin, P.D. 2013. Total phenolic and flavonoid content, antioxidant and antimicrobial activity of extracts from *Tordylium maximum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(1): 55-59.
- Merritt, J.H., Kadouri, D.E. ve O'Toole, G.A. 2005. Growing and analyzing static biofilms. *Current Protocols in Microbiology*, 1(1B):1-17.
- Nyholm, E. 1986. Illustrated flora of Nordic mosses, Fasc. 1. Fissidentaceae - Seligeriaceae, 1-72, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm, E. 1989. Illustrated flora of Nordic mosses, Fasc. 2. Pottiaceae – Splachnaceae -Schistostegaceae, 75-141, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm, E. 1993. Illustrated Flora of Nordic mosses, Fasc. 3. Bryaceae - Rhodobryaceae Mniaceae – Cinclidiaceae - Plagiomniaceae. 145-244, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm, E. 1998. Illustrated flora of Nordic mosses, Fasc. 4. Aulacomniaceae – Meesiaceae –Catocopiaceae – Bartramiaceae – Timmiaceae – Encalyptaceae – Grimmiaceae Ptychomitriaceae – Hedwigiaceae - Orthotrichaceae. 145-244, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Onbaşlı, D., Yuvalı, G., Celik, G., Altuner, E.M. ve Aslim, B., 2019. Investigation of pharmacological properties of bryophyte *Hypnum andoi* from Turkey. *Int. Pharm. Nat. Med.* 7(1): 10-14.
- Onbaşlı, D. ve Yuvalı, G. (2021). In vitro medicinal potentials of *Bryum capillare*, a moss sample, from Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28:478-483.
- Sawant, U.J. ve Karadge, B.A. 2010. Antimicrobial activity of some bryophytes (Liverworts and a Hornwort) from Kolhapur District. *Pharmacognosy Journal*, 2 (16): 29-32.

- Singh, M., Govindarajan, R., Nath, V., Rawat, A.K. ve Mehrotra, S. 2006. Antimicrobial, wound healing and antioxidant activity of *Plagioglossum appendiculatum* Lehm. et Lind. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(1): 67-72.
- Sievers, H., Burkhardt, G., Becker, H. ve Zinsmeister, H.D. 1994. Further biflavonoids and 3'-phenylflavonoids from *Hypnum cupressiforme*. *Phytochemistry*, 35(3): 795-798.
- Slinkard, K. ve Singleton, V.L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1): 49-55.
- Smith, A.J.E. 2004. The moss flora of Britain and Ireland. Second Edition, ISBN: 0-52181640- 8, 1012 pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Uyar, G., Hacıoğlu Doğru, N., Ören, M ve Çavuş, A. 2016. Determining antibacterial activity of some mosses (*Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn., *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee, *Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Müll. Hal., *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske & M.Fleisch.), *Anatolian Bryology*, 2(1-2):1-8.
- Uyar, G., Ören, M. Ve Alataş, M. 2020. The bryophyte flora of Akyazı, Arifiye, Geyve, Karapürçek districts (Sakarya, Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 13(1): 27-43.
- Van Hoof, L.D., Vanden Berghe, D.A., Petit, E. ve Vlietnick, A.J. 1981. Anti microbial and antiviral screening of bryophyta. *Fitoterapia*, 52(5): 223-229.
- Veljić, M., Tarbuk, M., Marin, P.D., Ćirić, A., Soković, M. ve Marin, M. 2008. Antimicrobial activity of methanol extracts of some genuine mosses from Serbia. *Pharmac Biol*, 46(12): 871-875.
- Wikler, M.A. 2006. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. *Clinic Lab stand Ins*, 61-64.
- Wu, X.Z., Cheng, A.X., Sun, L.M. ve Lou, H.X. 2008. Effect of plagioglossin E, an antifungal macrocyclic bis(benzyl), on cell wall chitin synthesis in *Candida albicans*. *Acta Pharmacol Sin*, 29(12): 1478-85.

## Türkiye'nin Maraş İlinden Toplanan *Trigonella mesopotamica* Hub.-Mor. Türünün Farklı Kısımları Üzerine Araştırmalar: Antimikrobiyal ve Antibiyofilm Aktiviteleri

Ş. Selma URAS GÜNGÖR<sup>1\*</sup> , Zehra ÖKSÜZ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Mersin Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognози Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [urasselma@mersin.edu.tr](mailto:urasselma@mersin.edu.tr)

Received: 15.11.2022 Received in revised: 27.01.2023 Accepted: 02.06.2023

### ÖZ

Bu araştırmada, *Trigonella mesopotamica* Hub.-Mor. tohum, toprak üstü ve tohum kabuğu kısımlarından elde edilen etanol ekstralarının antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Antimikrobiyal aktivite, in vitro mikrodilüsyon yöntemi kullanılarak referans bakteri ve mantar suşları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak, ekstraların *P. aeruginosa*'nın biyofilm oluşumunu engelleme ve önceden oluşturulmuş biyofilmi yok etme potansiyeli kristal viyole yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ekstreler, referans antimikrobiallerle karşılaştırıldığında test edilen bakteri ve mayalara karşı orta ila düşük antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Ekstreler ayrıca biyofilm oluşumunu inhibe etme ve farklı minimum inhibitör konsantrasyonlarında (MIC) önceden oluşturulmuş biyofilmleri önleme potansiyeli göstermiştir. Tohum ve toprak üstü ekstralarının, tohum kabuğu ekstrelerine kıyasla daha iyi antibiyofilm aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle veriler göz önüne alındığında, toprak üstü ekstrelerinin sub-MIC'de biyofilm oluşumunu %50 oranında azaltması ilgi çekicidir. Bulgular, *T. mesopotamica*'nın farklı kısımlarının özellikle antibiyofilm aktivitesi gösterdiğini kanıtlamaktadır. Literatürde ilk kez bu çalışma ile *T. mesopotamica*'nın antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivitesine ilişkin veriler sunulmuştur. Bu nedenle çalışmamız bu türle ilgili literatüre önemli ön veriler sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** *Trigonella mesopotamica*, Antibiyofilm, Antimikrobiyal, Çemenotu, Etanol ekstresi

## Studies on Different Parts of *Trigonella mesopotamica* Hub.-Mor. Collected From Maraş Province of Turkey: Antimicrobial and Antibiofilm Activities

### ABSTRACT

In this research, *Trigonella mesopotamica* Hub.-Pur. It was aimed to evaluate the antimicrobial and antibiofilm activities of ethanol extracts obtained from seeds, aerial parts, and seed coat parts. In addition, the potential of the extracts to inhibit biofilm formation of *P. aeruginosa* and destroy preformed biofilm was determined using the crystal violet method. The extracts showed moderate to low antimicrobial activity against the tested bacteria and yeasts when compared to reference antimicrobials. The extracts also showed the potential to inhibit biofilm formation and prevent preformed biofilms at different minimum inhibitory concentrations (MIC). It was determined that seed and aerial part extracts showed better antibiofilm activity compared to seed coat parts extract. Especially considering the data, it is interesting that aerial part extract reduces biofilm formation in sub-MIC by 50%. The findings prove that different parts of *T. mesopotamica* especially show antibiofilm activity. For the first time in the literature, data on the antimicrobial and antibiofilm activity of *T. mesopotamica* are presented with this study. Therefore, our study provides important preliminary data to the literature about this species.

**Key words:** *Trigonella mesopotamica*, Antibiofilm, Antimicrobial, Ethanol extract, Fenugreek



## INTRODUCTION

The genus *Trigonella* L. is considered a genus of traditional medicinal plants from the Fabaceae family (Nagulapalli Venkata et al., 2017). The green leaves and seeds of many of the *Trigonella* species have long been used as foodstuffs, vegetables, fodder and medicinal plants in many countries (Kumar et al., 2019) and shows various pharmacological effects such as anti-diabetic, anti-inflammatory, anti-fungal, antioxidant, hypocholesterolemic and hepatoprotective (Zameer et al., 2018). It contains about 135 species widely distributed in dry regions around the Eastern Mediterranean, Western Asia, Southern Europe, Northern and Southern Africa, Southern Australia. Some taxa of the genus are used as food and also in medicine. *Trigonella mesopotamica* Hub.-Mor. is a species belonging to the Section *Cylindricae* Boiss. and is known as "Dicleboyotu" in Turkey. *T. mesopotamica* is an annual herbaceous plant commonly found on stony hills, fallow fields, and roadsides at 300-1500 m (Akan et al., 2020).

Recently, resistance to antibiotics used in the treatment of infections caused by microorganisms has reached very serious levels (Spellberg and Gilbert, 2014). The development of antimicrobial resistance complicates the treatment of infectious diseases and lengthens hospitalization. This situation creates patient safety and cost problems and increases the rates of morbidity and mortality (Morrison and Zembower, 2020; Golkar et al., 2014). Biofilms are organized bacterial communities embedded in the extracellular matrix (ECM), a complex mixture of exopolysaccharides, nucleic acids, proteins, and other compounds (Berlanga and Guerrero, 2016; Melandera et al., 2020). Many microorganisms form biofilms instead of survive and increase their virulence in stressful environments such as nutrient-limited and unsuitable temperature conditions (Bjarnsholt, 2013). The biofilm not only protects microorganisms against adverse environmental conditions but also protects them from the host's immune response (Bjarnsholt, 2013; Grant and Hung, 2013). Therefore, biofilm-forming microorganisms can evade the host's immune response and are 1000 times more resistant to antibiotics compared to planktonic forms (Bjarnsholt, 2013; Melandera et al., 2020). For all these reasons, biofilm is accepted as the main drug target in the treatment of many infections.

Although there are many reports on *Trigonella* L. in the literature (Uras Güngör et al., 2017), there is no study on the antimicrobial and antibiofilm activity of *T. mesopotamica* yet. Therefore, in this study, it was aimed to investigate the antimicrobial and antibiofilm potentials of ethanol extracts obtained from *T. mesopotamica* seeds, aerial parts and seed coats.

## MATERIALS and METHODS

### Plant Material

*T. mesopotamica* Hub.-Mor. was collected from Kahramanmaraş (C6 Maraş: Çağlayancerit, 1300-1500 m.) province of Turkey during the seedling period in June 2021 by one of the authors (Ş. S. Uras Güngör). The plant was identified by Assist. Prof. Dr. Ş. Selma URAS GÜNGÖR and Prof. Dr. Ahmet İLÇİM. Herbarium samples of plant material were kept in Mustafa Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology Herbarium, Hatay (MKU1754).

### Extract Preparation

The powdered air-dried seeds, aerial parts, and seed coats of *T. mesopotamica* were macerated with ethanol at room temperature for three days, then filtered. The solvents were evaporated with the aid of a vacuum evaporator and the extracts were stored at 4°C in the dark until analyzed (Güzel Kara et al., 2021).

### Antimicrobial Activity Study

#### Microbial Strains

Five reference bacterial strains (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Escherichia coli* ATCC 35150, and *Bacillus subtilis* ATCC 6633) and three reference yeast strains (*Candida albicans* ATCC 90028, *Candida glabrata* ATCC 15126, and *Candida parapsilosis* ATCC 90018) included in antimicrobial activity studies.

#### Antimicrobial Activity

Antimicrobial susceptibility testing was performed with minor modifications in the standard microdilution method as previously reported (Uras Güngör and Öksüz, 2022; Woods et al., 1995; Jorgensen and Ferraro, 1998). Briefly, 100 µL of Sabouraud dextrose broth (Merck, Germany) for yeasts, and Mueller-Hinton broth (MHB) (Merck, Germany) for bacteria was dispensed into each well of the 96-well microplate. 100 µL of the stock solution that the extracts prepared in dimethyl sulfoxide (DMSO) at 1000 µg/mL was added to the

first wells. Then, two-fold serial dilutions of the stock solutions of the extracts were prepared in 96-well microplates at concentrations ranging from 500 to 3.90 µg/mL. Microorganism suspension concentrations; for yeasts on Sabouraud dextrose agar (Merck, Germany) for 24 hours at 28°C and for bacteria on Mueller-Hinton agar (Merck, Germany) for 24 hours at 37°C, from stock cultures grown, were adjusted McFarland 0.5 (5x10<sup>5</sup> CFU/mL). Then, 5 µL of bacteria or yeast suspension was added to each well. Microorganism suspension was not added to some wells to create the medium control well, while only 5 µL of yeast or bacterial suspension was added to some wells without the tested extracts for microbial growth control. The minimum inhibitory concentration (MIC) was determined visually and using a microplate reader (BioTek Inc., USA) at a wavelength of 630 nm. MIC values were evaluated as the lowest concentration at which the tested extracts inhibited the growth of the microorganism. As a reference drug; Ampicillin (Sigma, USA) for bacteria and fluconazole (Sigma, USA) for yeasts were used. It was tested that DMSO had no effect on the growth of microorganisms included in the study and all experiments were repeated 2 times.

## Biofilm Tests

### Determination of biofilm formation capacity

The biofilm formation of the strains was determined with minor changes in the crystal violet (CV) staining method as previously practiced by our study group (Uras Güngör and Öksüz, 2022; O'Toole, 2011). The biofilm formation was determined by measuring the absorbance at optical density (OD) at 550 nm using a microtiter plate spectrophotometer (BioTek Inc., USA). The OD values of the wells without microorganism inoculum were used as the negative control. Biofilm production capacity was calculated according to the critical OD value (OD<sub>c</sub>); Biofilm formation negative (-): OD ≤ OD<sub>c</sub>; non-biofilm formation (+): OD<sub>c</sub> < OD ≤ 2 x OD<sub>c</sub>; moderate biofilm formation (++) : 2 x OD<sub>c</sub> < OD ≤ 4 x OD<sub>c</sub>; strong biofilm formation (+++) : OD > 4 x OD<sub>c</sub> (Gomes et al., 2019). All tests were performed in duplicate.

### Biofilm-Prevention Assay

Biofilm prevention testing of extracts was performed with minor modifications to the CV staining test as previously practiced by our study group (Uras Güngör and Öksüz, 2022; Zhong et al., 2019). The lowest extracts concentration at which biofilm formation was inhibited by at least 50% was defined as the minimum biofilm inhibition concentration (MBIC<sub>50</sub>).

MBIC<sub>50</sub> value was calculated according to the following equation;

$$\text{Biofilm inhibition (\%)} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

A control: Absorbance value of wells containing only *P. aeruginosa* strains.

A sample: Absorbance value of wells containing extracts + *P. aeruginosa*.

### Biofilm-Eradication Assay

The effect of extracts on preformed biofilm was performed with minor modifications to the CV staining assay as previously practiced by our study group (Uras Güngör and Öksüz, 2022; Zhong et al., 2019). The lowest concentration of the extracts required to destroy at least 50% of the preformed biofilm was defined as the minimum biofilm reduction concentration (MBRC<sub>50</sub>).

MBRC<sub>50</sub> value was calculated according to the following equation;

$$\text{Biofilm inhibition (\%)} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

A control: Absorbance value of wells containing only *P. aeruginosa* strains

A sample: Absorbance value of wells containing extracts + *P. aeruginosa*

## RESULTS and DISCUSSION

In the present study antimicrobial and antibiofilm activities of the ethanol extract obtained from *T. mesopotamica* were investigated. The yield of seed (MSP 1), aerial part (MSP 2) and seed coat (MSP 3) extracts were determined as 13.35%, 6.1% and 8.2% (w/w).

### Antimicrobial Activity

The antimicrobial activities of the extracts against the five bacteria and three yeast strains included in the study are shown in Table 1. It was determined that the extracts inhibited the tested bacteria at concentrations varying between 250-62.5 µg/mL and yeasts at concentrations varying between 125-62.5 µg/mL (Table 1). The extracts showed moderate to low antimicrobial activity compared to the reference antimicrobials fluconazole (for yeasts) and ampicillin (for bacteria). In general, it was determined that had better antimicrobial

activity MSP 1 extract against *E. coli* and MSP 2 extract against *P. aeruginosa* compared to other extracts. When evaluated in terms of the yeasts included in the study, it was determined that all three extracts showed the lowest antimicrobial activity against *C. albicans* compared to other yeasts (Table 1).

Table 1. MIC values ( $\mu\text{g/mL}$ ) of the tested *Trigonella mesopotamica* seed, aerial part and seed coat extracts

Extract/ Reference antimicrobials	<i>B.</i> <i>subtilis</i> ATCC 6633	<i>P.</i> <i>aeruginosa</i> $\alpha$ ATCC 27853	<i>S.</i> <i>aureus</i> ATCC 29213	<i>E.</i> <i>faecalis</i> ATCC 29212	<i>E.</i> <i>coli</i> ATCC 35150	<i>C.</i> <i>albicans</i> s ATCC 90028	<i>C.</i> <i>glabrata</i> ATCC 15126	<i>C.</i> <i>parapsilo</i> sis ATCC 90018
MSP-1	125	125	250	125	62.5	125	62.5	125
MSP-2	125	62.5	250	125	125	125	62.5	62.5
MSP-3	125	125	250	250	125	125	62.5	62.5
Ampicillin	1,95	31,25	0,48	0,97	3,90	-	-	-
Fluconazole	-	-	-	-	-	0,12	8	0,24

MSP-1: *T. mesopotamica* seed, MSP-2: *T. mesopotamica* aerial part, MSP-3: *T. mesopotamica* seed coat

Economically and medicinally, the most important species of the genus *Trigonella* L. is *T. foenum-graecum* (fenugreek). Yakout et al., (2013) reported that aqueous-ethanol extract (50%) of fenugreek seed showed antimicrobial activity against *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumonia* and *S. typhi* with varied level of inhibition. Kadaikunnan et al. (2015), have also demonstrated that ethanol and water extracts from fenugreek seeds exhibited moderate to high antimicrobial activities against the tested bacterial and fungal pathogens. The data in the literature are compatible with our current study. In another study, aqueous-ethanol extract from fenugreek seeds demonstrate to low antimicrobial activity against the tested bacterial and fungal pathogens (Akbaş et al., 2017). Also, a previous study by Al-Timimi (2019), indicated that the ethanol extract of fenugreek seed showed prominent effect on *S. aureus* and *P. aeruginosa*. In the study of Singh et al. (2022) on fenugreek, it was shown that the leaf and seed extracts of fenugreek has significant antimicrobial activity against different microbial pathogens. In our previous study, ethanol extracts from seed, aerial part and seed coat of *T. cylindracea* showed moderate to low antimicrobial activity when compared with reference antimicrobials (Uras Güngör and Öksüz, 2022).

As a result of our literature search, we found that there is no antimicrobial activity study on *T. mesopotamica*. Therefore, our findings provide important preliminary data to the literature in terms of evaluating the antimicrobial activity of *T. mesopotamica* extracts.

### Determination of biofilm formation capacity

Biofilm forming capacities of the reference bacterial strains included in the study were determined according to the crystal violet method.

Test results showed that *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 and *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 strains strong (+++) and also *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 35150, and *Bacillus subtilis* ATCC 6633 formed moderate biofilm (++) in this study, biofilm prevention and eradication tests were performed on the biofilm of *P. aeruginosa* that which is one of the strains with the best biofilm production capacity.

### Biofilm prevention and eradication assays

The percentages of biofilm inhibition of *P. aeruginosa* at 0.5X, 1X, and 2X MIC concentrations of the extracts included in the study are shown in Figure 1A. Biofilm prevention test revealed that MSP-1 extract inhibited biofilm formation by 51% at 1X MIC concentration. In addition, it has been proven that MSP-2 extract prevents biofilm by 50% at a concentration of 0.5 MIC. Therefore, the MBIC<sub>50</sub> of the MSP-1 extract is 125  $\mu\text{g/mL}$ , while the MBIC<sub>50</sub> of the MSP-2 extract is 31.25  $\mu\text{g/mL}$ . On the other hand, MSP-3 extract could not prevent biofilm formation by 50% at sub-MIC and MIC concentrations. For this reason, there is no MBIC<sub>50</sub> value. The most striking result of the biofilm prevention test is that MSP-2 extract can prevent biofilm

formation by 50% at sub-MIC (0.5X). Because studies in the literature show that higher drug concentrations may be required for the eradication of biofilm-producing bacterial cells (Hengzhuang et al., 2012).

The rates of inhibition of biofilm formation of *P. aeruginosa* by extracts at 2X, 1X, and 0.5X MIC concentrations by the biofilm eradication test are shown in Figure 1B. Biofilm removal testing revealed that MSP-1 extract was able to reduce preformed biofilm formation by 50% at 2X MIC concentration. It has also been proven that MSP-2 extract reduces preformed biofilm by 50% at 1X MIC concentration. Therefore, the MBRC<sub>50</sub> of the MSP-1 extract is 250 µg/mL, while the MBRC<sub>50</sub> of the MSP-2 extract is 62.5 µg/mL. On the other hand, MSP-3 extract failed to reduce preformed biofilm by 50% at 2X, 1X, and 0.5X concentrations. Therefore, there is no MBRC<sub>50</sub> value.

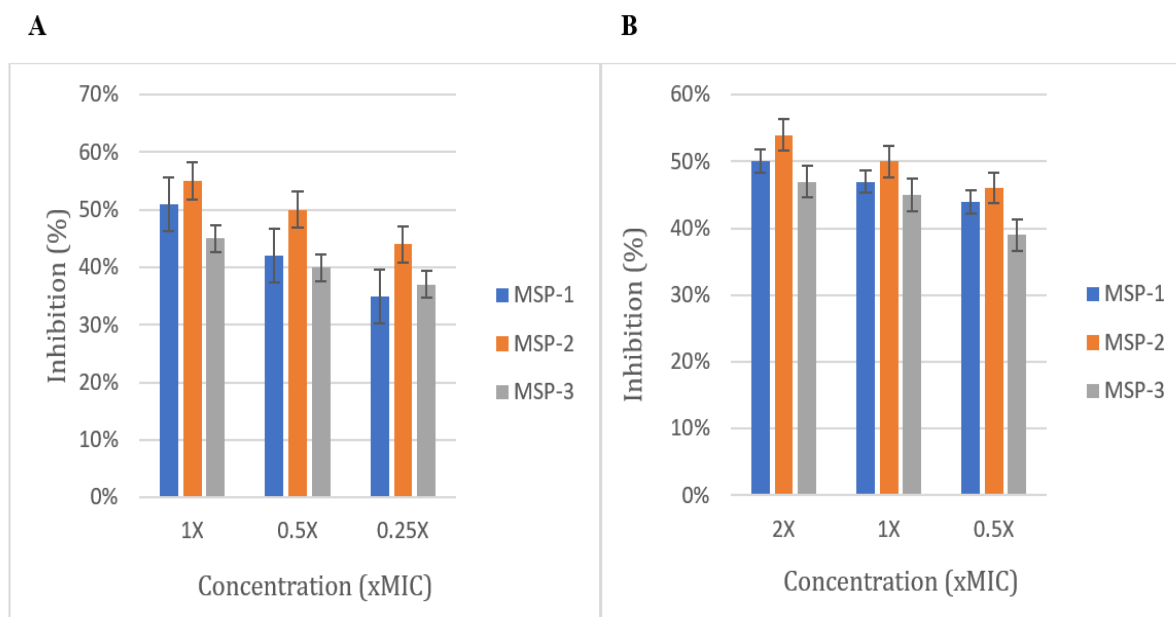


Figure 1. (A) Inhibition (%) of *P. aeruginosa* biofilm by *T. mesopotamica* seed (MSP-1), aerial part (MSP-2) and seed coat (MSP-3) extracts at 1X, 0.5X, and 0.25X MIC concentrations. (B) Preformed biofilm inhibition (%) of *T. mesopotamica* MSP-1, MSP-2 and MSP-3 extracts at 0.5X, 1X, and 2X concentrations.

There are limited studies in the literature on the antibiofilm activity of species belonging to the *Trigonella* L. genus. A study on *T. foenum-graecum* showed that seeds of the fenugreek inhibit Quorum sensing (QS) and biofilm formation in *Aeromonas hydrophila* and *P. aeruginosa* with activity associated with caffeine production by the plant (Husain et al., 2015).

In our previous study, we found that ethanol extracts of *T. cylindracea* obtained from seed, aerial part and seed coat have antibiofilm potential. Biofilm tests have shown that seed coat extract can reduce biofilm formation by 50% at subMIC (0.5X). It was also determined that the seed and seed coat extracts were able to reduce the preformed biofilm by 50% above the 2X MIC (Uras Güngör and Öksüz, 2022). No study was found in the literature regarding the antibiofilm activity of the *T. mesopotamica*.

## CONCLUSIONS

In this study, antimicrobial and antibiofilm activities of *T. mesopotamica* seeds, aerial parts and seed coats were studied for the first time. Therefore, our study provides important preliminary data to the literature about this species. Our research shows that although the extracts show low and moderate antimicrobial activity, their antibiofilm potential is remarkable. Due to the advantages of natural compounds such as low cost and abundant availability, their use as antimicrobial agents and food stabilizers is increasing day by day. Our findings indicate that *T. mesopotamica* can be a promising resource for the development of new therapeutic agents for various industries. In addition, our study will lead to new research aimed at evaluating the potential of this species as an antibiofilm agent in the treatment of infectious diseases, together with further research such as animal experiments and toxicity tests.

**Conflict of Interest Declaration:** The authors have no conflict of interest concerned to this work.

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

## REFERENCES

- Akan, H., Ekici, M. and Aytaç, Z. 2020. The synopsis of the genus *Trigonella* L. (Fabaceae) in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 44: 670-693. <https://doi.org/10.3906/bot-2004-63>
- Akbaş, P., Atila, G., Uslu, H. ve Alkan, H. 2017. *Trigonella foenum-graecum* L. (Çemen) Tohum Ekstraktının Antimikrobiyal Aktivitesinin Tayini. *Caucasian Journal of Science*, 4 (1): 57-61.
- Al-Timimi, L. A. N. 2019. Antibacterial and Anticancer Activities of Fenugreek Seed Extract. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20 (12): 3771-3776. DOI: 10.31557/APJCP.2019.20.12.3771
- Berlanga, M. and Guerrero, R. 2016. Living together in biofilms: the microbial cell factory and its biotechnological implications. *Microbial Cell Factories*, 15 (165): 1-11. DOI 10.1186/s12934-016-0569-5
- Bjarnsholt, T. 2013. The role of bacterial biofilms in chronic infections. *APMIS*, (Suppl., 136):1-51. doi: 10.1111/apm.12099
- Golkar, Z., Bagazra, O. and Pace, D. G. 2014. Bacteriophage therapy: a potential solution for the antibiotic resistance crisis. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 8 (2): 129–136.
- Gomes, F., Martins, N., Ferreira, I.C. and Henriques, M. 2019. Anti-biofilm activity of hydromethanolic plant extracts against *Staphylococcus aureus* isolates from bovine mastitis. *Heliyon*, 5 (5): 1-5.
- Grant, S. S. and Hung, D. T. 2013. Persistent bacterial infections, antibiotic tolerance, and the oxidative stress response. *Virulence*, 4 (4): 273–283.
- Güzel Kara, S., Ülger, and Kahraman, A. 2021. Phytochemical analysis, antioxidant and antimicrobial activities of *Salvia virgata* mericarps. *Botanica Serbica*, 45 (2): 223-231. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2102223G>
- Hengzhuang, W., Wu, H., Ciofu, O, Song, Z. and Hoiby, N. 2012. In vivo pharmacokinetics/pharmacodynamics of colistin and imipenem in *Pseudomonas aeruginosa* biofilm infection. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 56: 2683-2690. <https://doi.org/10.1128/AAC.06486-11>
- Husain, F.M., Ahmad, I., Khan, M.S. and Al-Shabib, N.A. 2015. *Trigonella foenum-graecum* (Seed) Extract Interferes with Quorum Sensing Regulated Traits and Biofilm Formation in the Strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Aeromonas hydrophila*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015 :1-10. <https://doi.org/10.1155/2015/879540>
- Jorgensen, J. H. and Ferraro, M. J. 1998. Antimicrobial susceptibility testing: general principles and contemporary practice. *Clinical Infectious Diseases*, 26: 973–80. <https://doi.org/10.1086/513938>
- Kadaikunnan, S., Rejiniemon, T. S., Alharbi, N. S., Khaled, J. M. and Agastian, P. 2015. Identification and Quantification of Phenolic Compounds from *Trigonella foenum-graecum* L. and Its In-Vitro Antioxidant, Anticancer and Antimicrobial Activities. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24: 2643-2649.
- Kumar, D., Wangkheirakpam, R. S., Rahal, A. and Malik, J. K. 2019. Fenugreek in Health and Disease. "In: *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. (eds) Gupta, R., Srivastava, A., Lall, R., Springer, Cham., 25-35. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_2)
- Melandera, R. J., Basaka, A. K. and Melandera, C. 2020. Natural Products as Inspiration for the Development of Bacterial Antibiofilm Agents. *Natural Product Reports*, 37 (11): 1454–1477. doi:10.1039/d0np00022a.
- Morrison, L. and Zembower, T. R. 2020. Antimicrobial Resistance. *Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North America*, 30 (4): 619-635. <https://doi.org/10.1016/j.giec.2020.06.004>
- Nagulapalli Venkata, K.C., Swaroop, A., Bagchi, D. and Bishayee, A. 2017. A small plant with big benefits: Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) for disease prevention and health promotion. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (6): 1-26. <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201600950>
- O'Toole, G. A. 2011. Microtiter dish biofilm formation assay. *Journal of Visualized Experiments*, 47: 1-2. <https://doi.org/10.3791/2437>
- Singh, N., Yadav, S.S., Kumar, S. and Narashiman, B. 2022. Ethnopharmacological, phytochemical and clinical studies on Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Food Bioscience*, 46: 1-31. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101546>
- Spellberg, B. and Gilbert, D. N. 2014. The future of antibiotics and resistance: a tribute to a career of leadership by John Bartlett. *Clinical Infectious Diseases*, 59 (2): S71–S75.
- Uras Güngör, Ş. S., İlçim, A. And Kökdil, G. 2017. A Comparison of Diosgenin, Phenolics, Fatty Acid Profiles and Mineral Contents with Free Radical Scavenging Activity of *Trigonella* L. Species from Section *Cylindrica*. *Records of Natural Products*, 11 (1): 17-30.

- Uras Güngör, Ş. S. ve Öksüz, Z. 2022. *Trigonella cylindracea* Desv.'nin Farklı Kısımları Üzerine İn Vitro Çalışmalar: Antimikrobiyal ve Antibiyofilm Aktiviteleri. *Icontech International Journal of Surveys, Engineering, Technology*, 6 (3): 59-67.
- Woods, G.L. and Washington, J.A. 1995. Antibacterial susceptibility tests: dilution and disk diffusion methods. "In: Manual of clinical microbiology. (eds) Murray, P. R., Baron, E. J., Pfaller, M. A., Tenover, F. C., Tenover, R. H., American Society for Microbiology, Washington, DC, 6th ed, 1327-1341.
- Yakout, S. M., Abd-Alrahman, S. H., Salem-Bekhit, M. M. and Mostafa, A. 2013. Chemical Characterization and Antibacterial Activity of Ethanolic Extract of *Trigonella foenum-graecum* (Fenugreek) Seeds. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 7 (2): 1373-1378.
- Zameer, S., Najmi, A. K., Vohora, D. and Akhtar, M. 2018. A review on therapeutic potentials of *Trigonella foenum graecum* (fenugreek) and its chemical constituents in neurological disorders: Complementary roles to its hypolipidemic, hypoglycemic, and antioxidant potential. *Nutritional Neuroscience*, 21 (8): 539-545. doi: 10.1080/1028415X.2017.1327200
- Zhong, H., Xie, Z., Wei, H., Zhang, S., Song, Y., Wang, M. and Zhang, Y. 2019. Antibacterial and Antibiofilm Activity of Temporin-GHc and Temporin-GHd Against Cariogenic Bacteria, *Streptococcus mutans*. *Frontiers in Microbiology*, 10: 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02854>

## A Calorimetric Investigation of the Effects of Acipimox on DPPC Model Membranes

Nazli EZER OZER<sup>1</sup> , Ipek SAHİN<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Altınbaş University, Faculty of Medicine, Department of Biophysics, Istanbul

<sup>2</sup>Ege University, Faculty of Science, Department of Physics, Izmir

\*Sorumlu Yazar: [ipek.sahin@ege.edu.tr](mailto:ipek.sahin@ege.edu.tr)

Received: 03.02.2023 Received in revised: 09.06.2023 Accepted: 09.06.2023

### ÖZ

Model membranlar, biyolojik membranları taklit eden temel sistemler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, dipalmitoil fosfatidilkolin (DPPC) ile lipit düşürücü ilaç asipimoks arasındaki fiziksel etkileşim, farklı asipimoks konsantrasyonları ve sıcaklığa bağlı olarak Diferansiyel Tarama Kalorimetri (DSC) tekniği kullanılarak araştırıldı. DPPC içeren model membranların faz geçiş sıcaklığı, faz geçiş entalpisi ve faz geçiş eğrisi yarı yükseklik genişliğindeki değişimler değerlendirildi. DSC sonuçlarına göre saf DPPC model membranlara asipimoks ilavesi ile 41 °C civarındaki ana faz geçiş sıcaklık eğrisi biraz daha yüksek sıcaklıklara kayarken, 35 °C civarındaki geçiş öncesi sıcaklık eğrisi kaybolmadı. Ayrıca, artan asipimoks konsantrasyonları, model membran DPPC'nin DSC termogramlarında hafif bir genişlemeye neden oldu. İlaçların biyomembranlardaki farmakolojik aktivitelerinin anlaşılması onların hücre içi aktiveleri açısından çok önemli olduğu için, lipit düşürücü ilaç asipimoks ile lipitler arasındaki etkileşimin araştırılması, asipimoksun moleküler düzeydeki biyolojik etkilerine katkı sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** Asipimoks, Model Membranlar, DPPC, DSC, İlaç-Membran Etkileşimi

### Asipimoksun DPPC Model Membranlar Üzerindeki Etkilerinin Kalorimetrik İncelenmesi

#### ABSTRACT

Model membranes are widely used as basic systems which mimic biological membranes. In this study, the physical interaction between dipalmitoyl phosphatidylcholine (DPPC) and the lipid-lowering drug acipimox was investigated using Differential Scanning Calorimetry (DSC) technique depending on different acipimox concentrations and temperature. The changes in the phase transition temperature, phase transition enthalpy and phase transition curve half-height width of the DPPC containing model membranes were taken into account. According to the DSC results, with the addition of acipimox into pure DPPC model membranes, the main phase transition temperature curve, which is around 41 °C, shifted to slightly higher temperatures, while the pre-transition temperature curve, which is around 35 °C, did not disappear. Moreover, increasing acipimox concentrations caused a slight broadening of the DSC thermograms of the model membrane of DPPC. Acipimox faintly changed DPPC's structural characteristics, notably when introduced to the bilayer at high concentrations. DPPC and acipimox may not have enough chemical bonding to explain this interaction. Furthermore, acipimox may be found in the hydrophilic part of the DPPC. Since it is very important to understand the pharmacological activity of drugs in biomembranes, the investigation of the interaction between lipid-lowering drug acipimox and lipids may contribute to the biological effects of acipimox at the molecular level.

**Key words:** Acipimox, Model Membranes, DPPC, DSC, Drug-Membrane Interaction

## INTRODUCTION

Acipimox (5-methylpyrazine carboxylic acid-4-oxide) (Figure 1) is a lipid-lowering agent and an analog of niacin. It works by inhibiting lipolysis in adipose tissue, which blocks the synthesis of VLDL (very-low-density lipoprotein) and LDL (low-density lipoprotein) cholesterol (Minigh, 2007; Christie et al., 1996). Despite its role in the treatment of disorders related to high levels of fat in blood such as hyperlipidemia, the precise mechanism underlying acipimox action remains unclear.

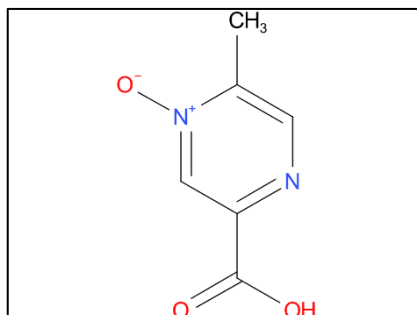


Figure 1. Chemical structure of acipimox

The cell membranes (plasma membranes) are important cellular components with wide variety of roles (Severcan and Dorohoi, 2008). They protect the intracellular environment from the extracellular environment, control the diffusion of ions and molecules, and act as a supporting matrix for the cell (Li et al., 2018). Plasma membranes have an extraordinarily complex structure containing different types and proportions of lipids, proteins, and carbohydrates (Watson, 2015). This complex structure can create difficulties in interpreting the results in the study of agent-membrane or drug-membrane interactions (Severcan et al., 2005). In order to help understand such interactions in these systems, it is a general approach to start studies with simpler structured model membranes whose components can be changed in a controlled manner (Ergun et al., 2014). Liposomes, kinds of model membranes, consist of a lipid bilayer and have a spherical structure. Different types of liposomes can be obtained by varying the surface charge, lipid composition, size, and preparation technique (Akbarzadeh et al., 2013). Multilamellar liposomes (MLVs) include a large population of vesicles between 100 and 1000 nm, and they are highly preferred in biophysical and pharmacological studies. The reason why they are widely used is that MLV can be manufactured using a wide range of lipid compositions and is effective for encasing a number of compounds. They are the easiest to make of all the liposome preparations, and they can be used in many drug release tests to get a more uniform size distribution of liposomes. SUV (small unilamellar vesicles) and LUV (large unilamellar vesicles) can be obtained if desired. Moreover, they are suitable for cosedimentation, coflotation, and solid-state NMR investigations (Lombardo and Kiselev, 2022; Szoka, Jr. and Papahadjopoulos, 1980; Zhao and Lappalainen, 2012).

The main components of biological and model membranes are phospholipids. Examples of these phospholipids are dipalmitoyl phosphatidylcholine (DPPC), dipalmitoyl phosphatidylglycerol (DPPG), or cholesterol. Phospholipid bilayers have hydrophilic heads in contact with water and hydrophobic tails directed towards the middle of the bilayer (Severcan and Dorohoi, 2008). Phospholipids used in model membrane formation can be neutral or charged lipids with different acyl chain lengths. As known, chain length and unsaturation in the phospholipid tails affect lipid phase transitions and membrane fluidity, while a difference in the phospholipid head group leads to different packaging patterns and different intermolecular interactions (Frallicciardi et al., 2022). Phospholipids have the ability to form more than one solid structure. This behavior represents interconversions between phases, forming various subgel, gel, or liquid crystalline phases as a function of temperature, water content, and composition (Koynova and Tenchov, 2013).  $L_c$  is a subgel phase in which the alkyl chains are all-trans configuration, and the head groups are also highly ordered. The  $L_\beta$  (for phosphatidylethanolamines) or  $L_\beta'$  (for phosphatidylcholines) phase is called the gel phase. In the gel phase, the head group becomes disordered, while the alkyl chains remain in the all-trans configuration. As the temperature increases, a transition to the  $P_\beta'$  phase, called the ripple-gel phase, occurs for phosphocholine and some other phospholipids. This transition is called the pre-transition because it is followed immediately by the  $L_\alpha$  liquid-crystalline phase. The melting of the lipid bilayer from  $P_\beta'$  to  $L_\alpha$  phase called as the main phase transition (Figure 2). The sign (') in the phase symbols denotes tilted alkyl chains in phases (Alakoskela, 2005; Kranenburg and Smit, 2005). Each phospholipid has a unique pre-transition temperature ( $T_p$ ) and main phase transition temperature ( $T_m$ ). The permeability of lipid bilayers increases when they change from a regular gel



phase to an irregular liquid phase. Permeability is an important physical property of liposomes as it affects the movement of agents across the membrane (Chen et al., 2018).

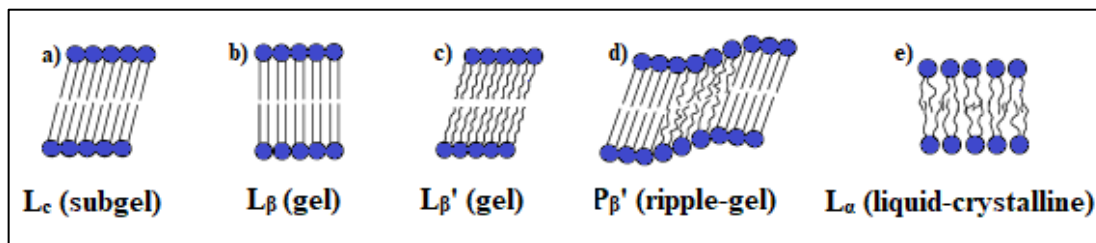


Figure 2. Schematic representation of the different phases of phospholipid bilayers (Kranenburg and Smit, 2005).

Model membranes are widely used to study drug-membrane interactions. Various drugs may behave differently at low and high concentrations. Drugs can change order/disorder state and fluidity of the membrane interacting with hydrophobic and hydrophilic parts. Differential Scanning Calorimetry (DSC) technique has been frequently used in model membrane studies to determine the thermal properties of biological systems, since model membrane studies depending on drug concentration and thermal changes of the effects of agents on membranes are especially important (Ceckler and Cunningham, 1997; Sariisik et al., 2019; Sahin et al., 2013). In model membrane studies, the DSC technique has been used to directly monitor the phase transition behavior (Cakmak Arslan and Severcan, 2019).

Although there are many studies on the clinical use of acipimox in the literature (Sirtori et al., 1981; Taskinen and Nikkilä, 1988; Worm et al., 1994; Saloranta et al., 1993; Barayan et al., 2020; Vardarli et al., 2022; Lupachyk et al., 2012; Vestergaard et al., 2017; Kaur et al., 2020), there is no studies examining its physical interaction with model membranes at the molecular level. Therefore, in this study, we aimed to use DSC to investigate the physical interactions between acipimox and DPPC MLVs by monitoring the phase transition behavior. Molecular interactions of the lipid-lowering drug with model membranes containing mainly phospholipids may assist future studies by helping to better understand the action mechanism of acipimox.

## MATERIALS AND METHOD

### Chemicals

Acipimox, DPPC and phosphate buffered saline (PBS) tablets were bought from Sigma (St. Louis, MO, USA). All chemicals were procured from commercial sources at the highest purity available.

### DSC Studies

For obtaining DSC thermograms, pure DDPC liposomes were prepared in the absence and the presence of different concentrations of (1 mol %, 3 mol %, 9 mol %, 12 mol %, 15 mol %, 18 mol %) acipimox, according to procedure which is reported by Severcan et al. (2005). In order to obtain DPPC liposomes in which different acipimox concentration containing, stock solution was prepared via dissolving acipimox in ethanol first. The necessary amounts of acipimox concentrations were put in eppendorfs and evaporated with the help of nitrogen flux. After that, 2 mg of DPPC was dissolved by using chloroform. Dried lipid films were obtained by removing chloroform with nitrogen and pumping it for at least 3 h under vacuum by means of Christ LT-105 spin vac. For hydration, 50  $\mu$ l PBS buffer solutions, pH 7.4, were added to dry lipid films. MLVs were prepared by vortexing the samples at a temperature above the gel-to-fluid phase transition of DPPC (around 41 °C) for 20 min. 50  $\mu$ l liposome suspensions were encapsulated in standard aluminum DSC pans. Experiments were performed with TA Q 2000 DSC device with a heating rate of 1 °C/min. Calorimetric data was obtained in a temperature range of 25-60 °C. All measurements were taken three times and the same results were observed at each repeat. The enthalpy ( $\Delta H$  J/g) values were carried out as a result of the calculation of the area under main transition.

## RESULTS AND DISCUSSION

The biological activity of drugs can change the physical properties of lipids, for instance the thermotropic phase transition profile. The variation of the phase transition profile of acipimox on model membranes may be critical for understanding the drug's mechanism of action and predicting drug-membrane interactions. During drug-membrane interaction, any change in phospholipid phase state is believed to affect membrane function by modifying protein and lipid structure. Moreover, physical examination of model

membranes with concentration-dependent drug interactions is quite interesting since some drugs act differently at various concentrations. It is also important to find effective usage of drugs in treatment (Severcan et al., 2005; Sariisik et al., 2019; Ezer et al., 2017).

The most important technique that measures the thermal properties of samples by correlating them with their temperature and physical properties is called calorimetry. It also has the ability to directly determine the enthalpy of the system. DSC, one of the most popular calorimetric techniques, has been commonly used in the temperature and concentration dependent model membrane studies, since one can monitor changes in phase transitions and structural changes in lipid bilayers and drug delivery systems. Moreover, the position, sharpness, and shape of the DSC thermograms shows the change in conformation of the molecule of interest. Thermodynamic data obtained by adding different concentrations of acipimox into pure DPPC liposomes helped us to interpret how the drug might affect the stability and physical properties of the membrane as reported previously by Severcan and Dorohoi, 2008; Severcan et al., 2005; Ergun et al., 2014; Ezer et al., 2017. Figure 3 shows the DSC curves of DPPC liposomes in the absence and presence of increasing concentrations of acipimox. Pure DPPC liposomes has a pre-transition peak at 35 °C and a main transition peak at 41 °C. Addition of the acipimox into the DPPC, the pre-transition peak was slightly broadened suggesting that there may be a little perturbation of the ripple phase. However, since different molecules are localized in the polar region of phospholipids, the broadening of the pre-transition peak cannot be referred to special molecular changes as reported before (Ezer et al., 2017; Turker et al., 2011).

As seen from Figure 3 and Figure 4a, addition of acipimox into pure DPPC MLVs decreased the intensity of the main phase transition curve, and a slight shift to higher values of  $T_m$  was observed as the concentration of acipimox increased. Since the shift of the  $T_m$  is related with the hydrocarbon chains of the lipids, it provides knowledge about the order/disorder state of the phospholipid bilayer. If the phase transition temperature shifts to lower values with the addition of low and high concentrations of the agent, cooperation between the acyl chains of lipid molecules and van der Waals interactions are reduced, the number of gauche conformers and order of the system decreases; if the phase transition temperature of the phospholipid shifts to higher values, the agent increases the cooperation between the lipid acyl chains, resulting in an increase in the order of the system (Severcan et al., 2005; Sariisik et al., 2019; Ezer et al., 2017). As  $T_m$  slightly shifted to higher temperatures, means that the change of all trans conformers to gauche conformers occurs at higher temperatures and acipimox made the membrane more stable ((Severcan et al., 2005; Sariisik et al., 2019; Toyran and Severcan, 2002; Toyran and Severcan, 2003; Severcan et al., 2000). The broadening of the DSC peaks suggests that the cooperation between the lipid chains is reduced. Therefore, current findings may indicate that cooperativity between acyl chains of DPPC liposomes and acipimox slightly decreased since a narrower peak means higher cooperativity of hydrocarbon chains. Moreover, the slightly broadening in the phase transition peaks ( $\Delta T_{1/2}$ ) at low and high concentrations means that acipimox may not enter the (C<sub>2</sub>-C<sub>8</sub>) region of the hydrocarbon chains and were probably localized at the interface of the DPPC bilayer (Figure 4b) (Severcan et al., 2005; Turker et al., 2011).

The heat content of a system is called enthalpy (H). The change of enthalpy ( $\Delta H$ ) for a reaction is approximately equivalent to the lost or gained energy amount during the reaction. At constant pressure, when external energy is supplied to the system, the enthalpy of the system increases, and when the system gives heat to the environment, the enthalpy of the system decreases. In endothermic reactions, the system gains energy and  $\Delta H$  is positive ( $\Delta H > 0$ ). Drugs or other agents exert their effects by making chemical bonds or breaking these bonds with the acyl chains or head groups of membrane lipids according to their molecular properties and concentrations. These interactions cause changes in the  $T_m$  and  $\Delta H$  values of the DSC curves. The decrease in  $T_m$  and  $\Delta H$  values indicates that the agents make strong hydrophobic bonds with the membrane. Moreover, it can be explained that the cooperativity and van der Waals interactions between lipid molecules decrease (Yagofarov et al., 2018; Yagofarov et al., 2022; Wu and Yalkowsky, 2009; Sanghvi and Yalkowsky, 2006). However, as observed from Figure 4c,  $\Delta H$  value increased with the addition of acipimox at all concentrations into DPPC MLVs in our study. Since the enthalpy change gives information about the structure of the system, this result can show that bond-breaking costs more energy than what is provided in bond-making in between acipimox and DPPC liposome interaction. Any structural change in the molecular packaging of the lipid acyl chain in the presence of the drug affects the enthalpy change. Therefore, an increase in both  $T_m$  and  $\Delta H$  reflects the stability of the phospholipid bilayer and as mentioned above, the agent can be said to interact with the relatively hydrophilic portions of the lipids (Sariisik et al., 2019; Yagofarov et al., 2018; Yagofarov et al., 2022; Wu and Yalkowsky, 2009; Sanghvi and Yalkowsky, 2006).

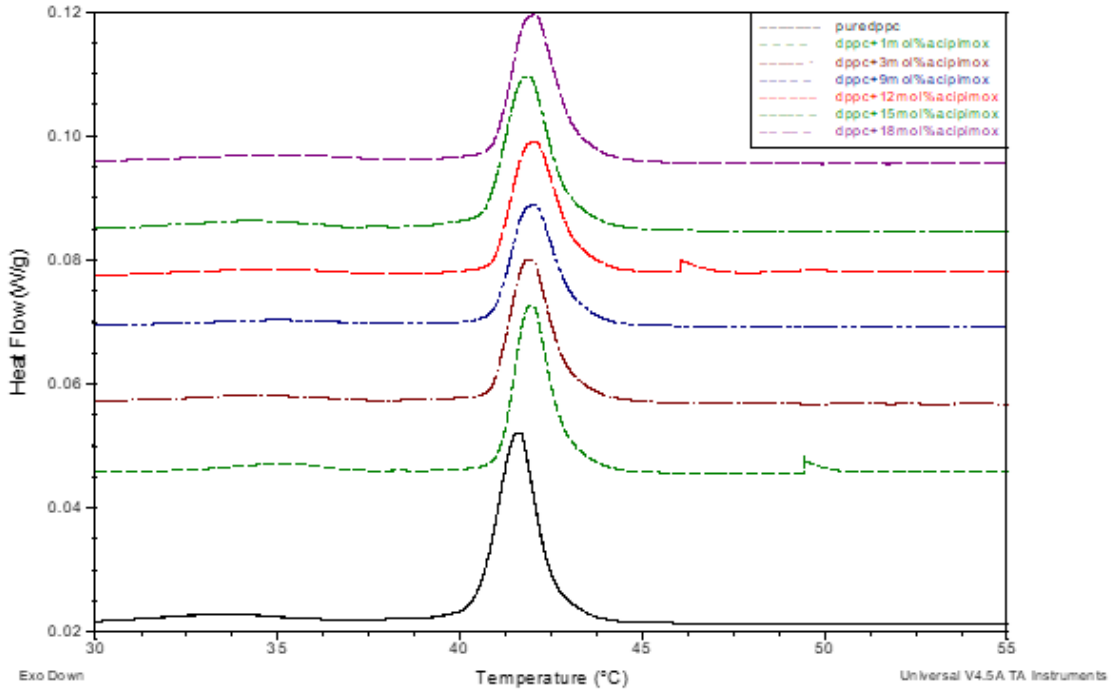


Figure 3. The DSC thermograms for DPPC liposomes in the absence and presence of low and high concentrations of acipimox.

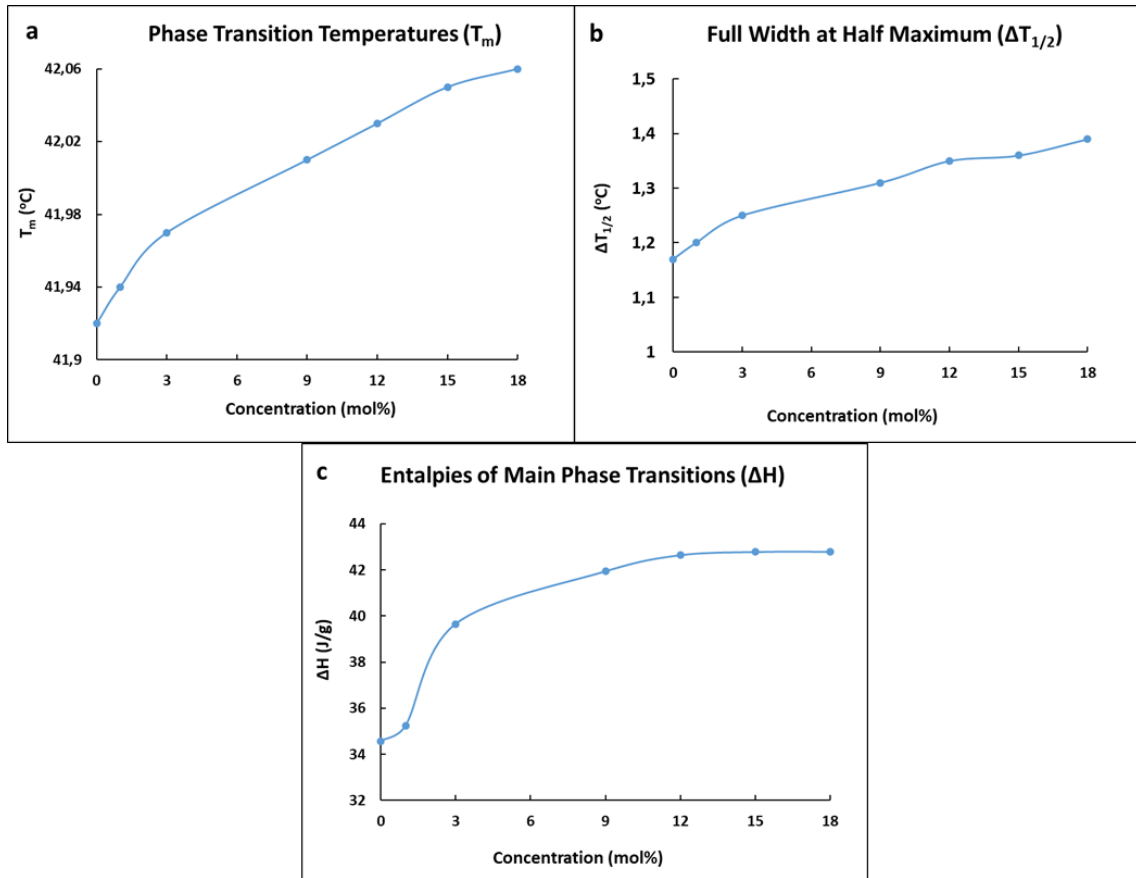


Figure 4. (a) Main phase transition temperatures ( $T_m$ ), (b) full width at half maximum ( $\Delta T_{1/2}$ ) and (c) enthalpies of the main phase transitions ( $\Delta H$ ) of DPPC liposomes obtained by the addition of acipimox.

Such obtained data from the present study might be related to the cellular action of acipimox on membrane lipids. It is known that integral membrane proteins interact with fatty acyl chains of membrane lipids through hydrophobic matching. In contrast, peripheral membrane proteins are predominantly bound to lipid head groups by electrostatic and hydrogen-bond interactions (Brasseur et al., 1997). Relatively, we found that acipimox has ability to interact with hydrophilic portions of lipids, therefore; such ability of acipimox on lipids might further indirectly affect the conformation of peripheral proteins and/or polar part of integral proteins. Considering that although there are no studies in the literature examining the interaction of acipimox with membranes or membrane phospholipids at molecular level by any technique, clinical studies are available. Moreover, the therapeutic effect of acipimox on various diseases has been reported widely. In a study investigating the hypolipidemic effect of acipimox in two double-blind crossover trials versus placebo, Sirtori et al. (1981) observed a reduction in triglyceridemia and an increase in high-density lipoprotein cholesterol levels after treatment with acipimox as a novel lipolysis inhibitor. In another study investigating the different effects of acipimox (acute and chronic) therapy on glucose and lipid metabolism in type II diabetes patients, Saloranta et al. (1993) emphasized that administered acipimox acutely inhibited the appearance of non-esterified fatty acids (NEFA), which was associated with improved glucose uptake, but caused a marked increase in fasting NEFA concentrations after 4 weeks of treatment. Taşkın et al. (1988) showed that acipimox given at a relatively low and well-tolerated dose (750 mg daily) to patients with hypertriglyceridemia was effective, but these results were not significant in short-term application. They also reported that acipimox was certainly less effective in severely hyper triglyceridemic patients, but its prolonged administration may result in changes in HDL levels and lower fraction distribution, most likely by lowering hepatic lipase. In another study examining the effects of high-dose acipimox as adjunctive lipid-lowering drug in familial hypercholesterolemia, Stuyt et al. (1998) found that when acipimox (750 mg/day) were added to therapy with simvastatin, total serum cholesterol (9%), LDL-cholesterol (9%), and serum triglycerides (21%) were significantly reduced. However, higher doses did not have a greater hypolipidemic effect. A significant reduction in apolipoprotein (apo)-B (11%) was observed, consistent with the decrease in serum cholesterol and LDL-cholesterol while HDL-cholesterol, apo-A1 and lipoprotein(a) were not change. Vickers et al. (2006) reported beneficial metabolic efficacy of combination therapy with acipimox enhanced the effect of growth hormone treatment on linear body growth in rats. Salvador et al. (2018) reported that combination therapy with omega-3 fatty acids and acipimox may offer an option to previously reported lipid-lowering treatments without serious opposite reactions. As mentioned above, the absence of a study in the literature examining the interaction of acipimox with membranes has made this study important.

## SUGGESTIONS AND CONCLUSION

In conclusion, we used DSC technique to obtain information about the thermotropic properties of interaction between acipimox and DPPC membrane in our study. To gain a deeper perspective, we examined the possible interaction of niacin analogue acipimox with DPPC model membranes by studying its effect on thermal phase behavior and thermal changes. Our results suggested that acipimox slightly altered the structural properties of DPPC, especially when high concentrations of acipimox were added to the bilayer. One possible explanation for this interaction is that there may be not enough strong chemical bonding between DPPC and acipimox. Moreover, acipimox is a member of the pyrazine carboxylic acid class of chemical compounds. These are heterocyclic compounds with pyrazine rings that have been substituted with one or more carboxylic acid groups. They are polar molecules because they are both hydrogen bond acceptors (carbonyl -C=O) and donors (hydroxyl -OH). Since the hydrophobic center of the phospholipid membrane produces a practically impermeable transport barrier for most polar particles, acipimox may have only interacted with the hydrophilic surfaces of the DPPC membranes.

Such studies at the molecular level and physical examination of the membrane interactions of drugs used in the treatment of diseases such as acipimox may offer promising approaches to understanding the action mechanism of agents.

**Conflict of Interest Declaration:** : The authors have no conflict of interest concerned to this work.

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

## REFERENCES

- Akbarzadeh, A., Rezaei-Sadabady, R., Davaran, S., Joo, S.W., Zarghami, N., Hanifehpour, Y., Samiei, M., Kouhi, M., Nejati-Koshki, K. 2013. Liposome: classification, preparation, and applications. *Nanoscale Research Letters*, 22, 8 (1): 102.
- Alakoskela, J-M. 2005. Interactions in Lipid-Water Interface Assessed by Fluorescence Spectroscopy, *Ph.D. thesis*, University of Helsinki, Finland.
- Barayan, D., Vinaik, R., Auger, C., Knuth, C.M., Abdullahi, A., Jeschke, M.G. 2020. Inhibition of Lipolysis with Acipimox Attenuates Postburn White Adipose Tissue Browning and Hepatic Fat Infiltration. *Shock*, 53 (2): 137-145.
- Brasseur, G., Pillot, T., Lins, L., Vandekerckhove, J., Rosseneu M. 1997. Peptides in membranes: tipping the balance of membrane stability. *Trends in Biochemical Sciences*, 22: 167-171.
- Cakmak Arslan, G. and Severcan, F. 2019. The effects of radioprotectant and potential antioxidant agent amifostine on the structure and dynamics of DPPC and DPPG liposomes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*, 1861: 1240-1251.
- Ceckler, T.L. and Cunningham, B.A. 1997. Transition State Thermodynamics of Lipid Bilayers Characterized by Differential Scanning Calorimetry. *The Chemical Educator*, 2 (6): 1-17.
- Chen, W., Duša, F., Witos, J., Ruokonen, S-K., Wiedmer, S.K. 2018. Determination of the Main Phase Transition Temperature of Phospholipids by Nanoplasmonic Sensing. *Scientific Reports*, 8 (1).
- Christie, A.W., McCormick, D.K.T., Emmison, N., Kraemer, F.B., Alberti, K.G.M.M., Yeaman, S. 1996. Mechanism of anti-lipolytic action of acipimox in isolated rat adipocytes. *Diabetologia*, 39: 45-53.
- Ergun, S., Demir, P., Uzbay, T., Severcan, F. 2014. Agomelatine strongly interacts with zwitterionic DPPC and charged DPPG membranes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*, 1838 (11): 2798-2806.
- Ezer, N., Sahin, I., Kazanci, N. 2017. Alliin interacts with DMPC model membranes to modify the membrane dynamics: FTIR and DSC Studies. *Vibrational Spectroscopy*, 89: 1-8.
- Frallicciardi, J., Frallicciardi, J., Melcr, J., Siginou, P., Marrink, S.J., Poolman, B. 2022. Membrane thickness, lipid phase and sterol type are determining factors in the permeability of membranes to small solutes. *Nature Communications*, 13: 1605.
- Kaur, S., Auger, C., Jeschke, M.G. 2020. Adipose Tissue Metabolic Function and Dysfunction: Impact of Burn Injury. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8.
- Koynova, R. and Tenchov, B. 2013. "Taken: *Phase Transitions and Phase Behavior of Lipids*. (ed) Roberts, G.C.K., Encyclopedia of Biophysics, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kranenburg, M. and Smit, B. 2005. Phase Behavior of Model Lipid Bilayers. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109 (14): 6553-6563.
- Li, H., Zhao, T., Sun, Z. 2018. Analytical techniques and methods for study of drug-lipid membrane interactions. *Reviews in Analytical Chemistry*, 37 (1): 20170012.
- Lombardo, D. and Kiselev, M.A. 2022. Methods of Liposomes Preparation: Formation and Control Factors of Versatile Nanocarriers for Biomedical and Nanomedicine Application. *Pharmaceutics*, 14: 543.
- Lupachyk, S., Watcho, P., Hasanova, N., Julius, U., Obrosova, I.G. 2012. Triglyceride, nonesterified fatty acids, and prediabetic neuropathy: role for oxidative–nitrosative stress. *Free Radical Biology and Medicine*, 52 (8): 1255-1263.
- Minigh, J. 2007. Acipimox. "Taken: *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference*. (ed) Enna, S.J., Bylund, D.B., Elsevier, 1-5.
- Sahin, I., Bilge, D., Kazanci, N., Severcan, F. 2013. Concentration-dependent effect of melatonin on DSPC membrane. *Journal of Molecular Structure*, 1052: 183-188.
- Saloranta, C, Taskinen, M.R., Widen, Härkönen, E.M., Melander, A., Groop, L. 1993. Metabolic consequences of sustained suppression of free fatty acids by acipimox in patients with NIDDM. *Diabetes*, 42: 1559-1566.
- Salvador, C., Entenmann, A., Salvador, R., Niederwanger, A., Crazzolaro, R., Kropshofer, G. 2018. Combination therapy of omega-3 fatty acids and acipimox for children with hypertriglyceridemia and acute lymphoblastic leukemia. *Journal of Clinical Lipidology*, 12 (5): 1260-1266.
- Sanghvi, R. and Yalkowsky, S.H. 2006. Estimation of heat capacity of boiling of organic compounds. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45 (1): 451-453.
- Sariisik, E., Koçak, M., Kucuk Baloglu, F., Severcan, F. 2019. Interaction of the cholesterol reducing agent simvastatin with zwitterionic DPPC and charged DPPG phospholipid membranes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*, 1861: 810-818.
- Severcan, F. and Dorohoi, D-O. 2008. FTIR studies of temperature influence on the DPPG model membrane. *Journal of Molecular Structure*, 887 (1-3): 117-121.

- Severcan, F., Kazanci, N., Zorlu, F. 2000. Tamoxifen increases membrane fluidity at high concentrations. *Bioscience Reports*, 20: 177-184.
- Severcan, F., Sahin, I., Kazanci, N. 2005. Melatonin strongly interacts with zwitterionic model membranes--evidence from Fourier transform infrared spectroscopy and differential scanning calorimetry. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, 1668 (2): 215-222.
- Sirtori, C.R., Gianfranceschi, G., Sirtori, M., Bernini, F., Descovich, G., Montaguti, U., Fucella, L.M., Musatti, L. 1981. Reduced triglyceridemia and increased high density lipoprotein cholesterol levels after treatment with acipimox, a new inhibitor of lipolysis. *Atherosclerosis*, 38: 267-271.
- Stuyt, P. 1998. Tolerability and effects of high doses acipimox as additional lipid-lowering therapy in familial hypercholesterolemia. *The Netherlands Journal of Medicine*, 53 (5): 228-233.
- Szoka Jr., F. and Papahadjopoulos, D. 1980. Comparative Properties and Methods of Preparation of Lipid Vesicles (Liposomes). *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, 9:467-508.
- Taskinen, M.R. and Nikkilä, E.A. 1988. Effects of acipimox on serum lipids, lipoproteins and lipolytic enzymes in hypertriglyceridemia. *Atherosclerosis*, 69: 249-255.
- Toyran, N. and Severcan, F. 2002. Infrared spectroscopic studies on the dipalmitoyl phosphatidylcholine bilayer interactions with calcium phosphate: effect of vitamin D2. *Spectroscopy*, 16: 399-408.
- Toyran, N. and Severcan, F. 2003. Competitive effect of Vitamin D2 and Ca<sup>2+</sup> on phospholipid model membranes: a FTIR study. *Chemistry and Physics of Lipids*, 123: 165-176.
- Turker, S., Wassall, S., Stillwell, W., Severcan, F. 2011. Convulsant agent pentylenetetrazol does not alter the structural and dynamical properties of dipalmitoylphosphatidylcholine model membranes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 54: 379-386.
- Vardarli, E., Bhattarai, N., Abdelrahman, D., El-Ayadi, A., Murton, A. 2022. Use of the Lipolysis Inhibitor Acipimox Fails to Modulate Chronic Muscle Protein Synthesis Rates or Attenuate the Loss of Muscle Mass in a Rodent Model of Severe Burns. *The FASEB Journal*, 36 (S1).
- Vestergaard, E.T., Cichosz, S.L., Møller, N., Jørgensen, J.O.L, Fleischer, J. 2017. Short-term acipimox treatment is associated with decreased cardiac parasympathetic modulation. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 83 (12): 2671–2677.
- Vickers, M.H., Hofman, P.L., Gluckman, P.D., Lobie, P.E., Cutfield, W.S. 2006. Combination therapy with acipimox enhances the effect of growth hormone treatment on linear body growth in the normal and small-for-gestational-age rat. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 291 (6): 1212-1219.
- Watson, H. 2015. Biological membranes. *Essays in Biochemistry*, 59: 43-69.
- Worm, D., Henriksen, J.E., Vaag, A., Thye-Rønn, P., Melander, A., Beck-Nielsen, H. 1994. Pronounced blood glucose-lowering effect of the antilipolytic drug acipimox in noninsulin-dependent diabetes mellitus patients during a 3-day intensified treatment period. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 78: 717-721.
- Wu, M. and Yalkowsky, S. 2009. Estimation of the molar heat capacity change on melting of organic compounds. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48 (6): 3260-3260.
- Yagofarov, M.I., Balakhontsev, I.S., Miroshnichenko, E.A., Solomonov, B.N. 2022. Estimation of sublimation enthalpies of aromatic compounds as a function of temperature. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 174: 106861.
- Yagofarov, M.I., Nagrimanov, R.N., Solomonov, B.N. 2018. New aspects in the thermochemistry of solid-liquid phase transitions of organic non-electrolytes. *Journal of Molecular Liquids*, 256: 58-66.
- Zhao, H. and Lappalainen, P.A. 2012. Simple guide to biochemical approaches for analyzing protein-lipid interactions. *Molecular Biology of the Cell*, 23 (15): 2823-30.

## Soğuk İklim Kenti Erzurum’da Arboretum Oluşturulması Üzerine Örnek Bir Uygulama

Mehmet Akif IRMAK , Cihad BİLGE\* 

Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum

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

Geliş Tarihi: 11.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.05.2023 Kabul Tarihi: 27.05.2023

### ÖZ

Bu çalışmada, Erzurum Atatürk Üniversitesi Biyoçeşitlilik Bilim Müzesi (ABMM)’ne ait alanda, Atatürk Üniversitesi Arboretumu’nun tasarım ve uygulama aşamaları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda soğuk iklim bölgelerindeki arboretum çalışmaları için izlenecek aşamalar ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmada alan özellikleri, arboretum peyzaj projesi tasarım aşamaları, belirlenen bitki türleri ve bu türlerin temini, uygulama aşamaları ile ilgili karşılaşılan problemler ve elde edilen kazanımlar aktarılmıştır. Alan tesviyesinin uygun hale getirilmesi, sulama tesisatının uygulanması, bitkilerin belirlenerek sahaya dikilmesi, çimlendirme ve diğer peyzaj özelliklerinin detayları hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışma içeriğinde, Erzurum koşullarında 1.3 ha alan üzerinde tasarımı yapılan ve 92 odunsu türün (32 iğne yapraklı, 60 geniş yapraklı) sergilendiği arboretumun oluşturulması, gerek türlerin belirlenmesi gerekse bu türlerin peyzaj alanlarına entegre edilmesi açısından izlenecek yolların belirlendiği bir süreç ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Erzurum Arboretumu, ATA Arboretumu, Atatürk Üniversitesi Arboretumu, Bitki Müzesi

## An Example Application Regarding The Establishment of An Arboretum in Erzurum, A Cold Climate City

### ABSTRACT

In this study, the design and implementation stages of Atatürk University Arboretum were evaluated in the area belonging to Erzurum Atatürk University Biodiversity Science Museum (ABMM). In this context, the steps to be followed for arboretum studies in cold climatic regions are presented. In this study, the characteristics of the area, the design stages of the arboretum landscape project, the determined plant species and the supply of these species, the problems encountered in the application stages and the gains obtained are conveyed. Information was given about making the area leveling suitable, applying the irrigation system, determining the plants and applying them to the field, germination and other landscaping features. In the content of the study, a process was set forth in the formation of the arboretum, which was designed on a 1.3 ha area in Erzurum conditions and exhibited 92 woody species (32 coniferous, 60 broad-leaved), and the ways to be followed in terms of both identifying the species and integrating these species into the landscape areas.

**Key words:** Erzurum Arboretum, ATA Arboretum, Atatürk University Arboretum, Plant Museum.

### GİRİŞ

Yeşil alanlar ve özellikle odunsu bitkiler estetik görünülerinin yanı sıra birçok işlevi yerine getirmektedirler. Buldukları alanda nem artışı sağlamak, yaz dönemlerinde serinletme etkisi oluşturmak, oksijen ve temiz hava üretmek, havada aslı partikül maddeleri filtrelemek, rüzgarı azaltmak veya yönlendirmek ve gürültüyü azaltmak bu işlevlerden bazılarıdır (Walker 1991; Bradshaw ve ark. 1995; Aslanboğa 2002; Trowbridge and Bassuk 2004; Barış 2005; Yu ve Hien 2006; Gill ve ark. 2007; Nowak ve Dwyer 2000; Yılmaz ve ark. 2007a, b; Gómez-Munoz ve ark. 2010; Leuzinger ve ark. 2010; Irmak ve ark. 2018).

Ağaç ve çalı gibi odunsu bitki türlerinin tanıtılmasını sağlayan, “Açık hava Müzesi” olarak değerlendirilen, bilimsel, eğitsel, rekreasyonel ve turizm aktiviteleri için kullanılan özel bahçeler Arboretum olarak adlandırılmaktadır.

Arboretumlar odunsu bitkilerin tanıtımı, korunması, yeni kültür formlarının geliştirilmesi, peyzaj çalışmaları için örnek oluşturması, tür teşhisi, bilimsel amaçlı geziler, turistik çekim noktası oluşturma, egzotik bitki türlerinin yöreye kazandırılması, doğal türlerin sergilenerek peyzajlara kazandırılması ve benzeri daha birçok bilimsel ve rekreatif görevi barındıran özel bahçelerdir (Yaltırık ve Efe 1996; Önen ve Yılmaz 2001; Özyavuz ve Korkut, 2008; Boiko ve Dementieva 2018; Sarvašova ve Kirařova 2018).

Türkiye ılıman iklim kuşağında bulunmasına rağmen yaklaşık 10.000 bitki türünün (alt tür ve varyetelerle birlikte yaklaşık 12.000 bitki türü) ev sahibi olup, sahip olduğu bu çeşitlilik ile Avrupa kıtasında ve ılıman iklim kuşağındaki en zengin ülke konumundadır. Ayrıca sahip olduğu bitkilerin 3.649 tanesini ise endemik olarak barındırmaktadır (Eminağaoğlu, 2015). Süs bitkilerin tanıtılması, özellikle peyzaj bitkilerine olan ilgi ve sevginin artırılması, bu alanda akademisyenlerin çalışmaları ve merkezlerin kurulması sektörün gelişimine de katkı sağlayacaktır. Botanik bahçeleri ve arboretumlar bu anlamda büyük bir görev taşımakta olup, yapıldıkları bölgelerde bitkisel kaynakların korunması ve tanınırlığı noktasında önemli bir açığı kapatmaktadır.

Önen ve Yılmaz (2001) doğayı korumanın doğayı sevmek ve doğayı tanımak ile başladığını ifade etmişlerdir. Bu bağlamda doğanın temel unsurlarının en etkini olan bitkileri halka tanıtmayı amaçlayan kuruluşların başında ağaç ve çalı formundaki bitkilerin tanıtıldığı arboretumlar olduğunu ve arboretumların aynı zamanda bilimsel araştırma, eğitim, öğretim ve rekreasyonel etkinliklerin de gerçekleştirildiği yerler olduğunu vurgulamışlardır.

Sarvasova ve Kiralova (2018) çalışmalarında “Eğitim Turizmi” kapsamında arboretumların etkin kullanımını ele almış, özellikle bitkilerin tanıtımının yapıldığı arboretumların bölgedeki eğitim temelli turizme katkısını Slovakya’da bulunan Borova Hora Arboretumu örneğinde değerlendirmişlerdir.

Morgan (2009), Bartlett Arboretumu (ABD) kapsamında bulunan damarlı bitkileri listelemiş ve 95 familyaya ait 351 damarlı bitkinin kayıt altında olduğunu belirtmiştir.

Posavec, et. al. (2012) Opeka Arboretumu (Hırvatistan) ile ilgili değerlendirmeleri ve ziyaretçilerine, arboretumun peyzaj güzelliği, kültürel içeriği, rekreasyon ve sağlık gibi özellikleri nedeniyle yüksek faydaya sahip olduğu ve tercih edildiği ancak ücret ödeme istekliliğinin düşük olduğu bir anket çalışması yapmıştır.

Boiko ve Dementieva (2018), Kherson State Agrarian Üniversitesi Arboretumu (Ukrayna) ekstrem iklim koşullarına sahip doğu Ukrayna’da yaklaşık 70 yıl önce kurulmuş Arboetum bünyesinde; 44 familyaya ait 87 cins ve 126 tür ağaç bulunduğu ifade edilmiştir. Barındırdığı özellikleri nedeniyle bu üniversite arboretumu 1983 yılında koruma statüsüne alınmıştır.

Özyavuz ve Korkut (2008) çalışmalarında, Trakya Üniversitesi Güllapoğlu Yerleşkesi (Edirne) içinde tasarlanacak olan arboretumun planlama ilkelerini belirleyerek öneri bir tasarım oluşturmuşlardır.

Ülkemizde arboretumların sayısı oldukça az olup, bilinen bazı arboretumlar; Karaca Arboretumu (Yalova), Atatürk Arboretumu (İstanbul) ve Balkan Arboretumu (Edirne) olup, kurulma veya fikir aşamasında olan birçok arboretum da bulunmaktadır. Yapılan incelemelerde arboretumların genelde üniversite bünyelerinde veya üniversitelerle ortak olarak kurulup yürütüldüğü görülmektedir. Örneğin ülkemizin en eski ve en büyük arboretumu konumundaki Atatürk Arboretumu, 38 ha’lık bir alan üzerinde, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi ve Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü’nün ortaklaşa çalışması sonucu 1959-1961 yılları arasında yapımına başlanarak 1982 yılında kullanıma açılmıştır (URL-1, 2023).

Ayrıca Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi içerisinde yer alan arboretum adası 2011 yılında hizmete açılmış olup, Türkiye’nin doğal odunsu bitkilerinin tümünün bir araya getirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda ülkemizin 723 farklı doğal ağaç ve çalı türü, 2009 yılından itibaren bilimsel araştırma gezileri ile arboretum adasına taşınmaktadır (URL-2, 2023).

Bu çalışma kapsamında Atatürk Üniversitesi yerleşkesi içerisinde bulunan ve 2018 yılında kurulan Atatürk Üniversitesi Biyoçeşitlilik Bilim Müzesi (ABMM) çevresinde bulunan yaklaşık 1.3 ha (13.000 m<sup>2</sup>) alan üzerinde bir arboretum oluşturulmuş olup yapılan çalışmaların detayları ve aşamaları paylaşılmaktadır. Çalışma kapsamında (ABMM) olarak tescillenmiş olan 4000 m<sup>2</sup> sergi alanına sahip, bünyesinde yaklaşık 230.000 böcek bireyi, 17.000 bitkisel herbaryum örneği, çeşitli hayvanlara ait tahnit uygulamaları, gerçek ölçülerinde mamut, dinazor, kambur balina ve benzeri imitasyon iskeletleri ve balık, fosil ve biyoçeşitliliğe ait birçok örneği barındıran zengin bir potansiyele sahip bir müzenin bahçesinin de “açık hava müzesi” olarak adlandırılan arboretum yapım aşamaları detaylı olarak aktarılmıştır. Atatürk Üniversitesi Arboretumunda yörenin ekolojik koşullarında yaşayabilecek egzotik yerel/endemik olmayan süs bitkileri ile peyzaj değeri bulunan bazı bitkilerin belirli bir proje kapsamında alanda sergilenmesi hedeflenmiştir. Arboretum olarak tasarlanan alanın çevresinde konumlanmış olan ve bu alandaki bitkilerle çalışmalar yapabilecek Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Eczacılık Fakültesi, Ziraat Fakültesi ve yine yerleşke içerisinde bulunan Biyoloji bölümleri için açık hava laboratuvarı oluşturulması

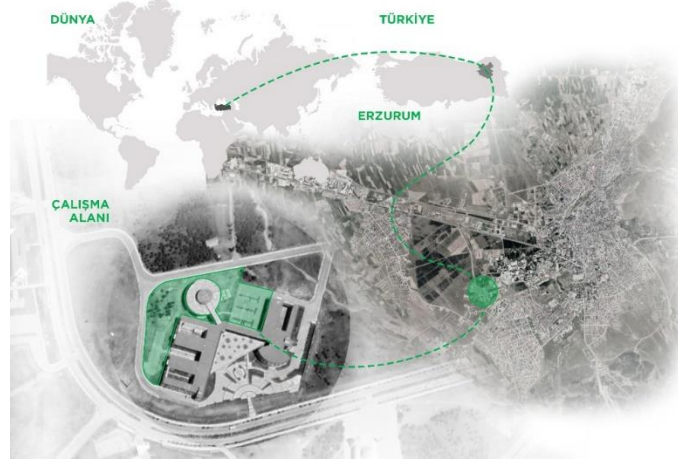


amaçlanmıştır. Ayrıca ABMM ziyaretçilerinin müze ziyaretleri sonrasında egzotik türlerden oluşan bir bitki gezisi yapmaları ve bu yolla hem eğitsel hem de rekreasyonel faaliyet yapılmasına olanak sağlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışma Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi içerisinde bulunan ve 2018 yılında kurulan Atatürk Üniversitesi Biyoçeşitlilik Bilim Müzesi (ABMM)/Atatürk Üniversitesi Biyoçeşitlilik Uygulama ve Araştırma Merkezinin çevresinde bulunan yaklaşık 13.000 m<sup>2</sup> alan üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı konum haritası.

Erzurum kenti uzun yıllar sıcaklık ortalaması 5,7 °C olan, kış dönemlerinde -37 °C yaz dönemlerinde ise 36 °C'lere varan ekstrem hava şartlarının yaşanabildiği bir kent olarak dikkat çekmektedir. Bu nedenle kentteki bitkilerin 73°C kadar bir sıcaklık aralığını tolere edebilmesi gerekmektedir. Bu ekstrem iklim koşulları kentte yetiştirilebilecek odunsu bitki türlerini sınırlamakta, yanlış seçilen türler nedeniyle ciddi maddi kayıplar da yaşanabilmektedir. Yapılan bu çalışma ile Erzurum gibi soğuk iklim bölgelerinde peyzaj çalışmalarında kullanılacak bitkiler için kılavuz olunması amaçlanmıştır.

Ekstrem iklim koşullarına sahip olmakla birlikte, yıllık ortalama yağış 429 mm olup, kentte karın yerde kalma süresi 113 gündür. 1850 rakımda kurulu olan kent, TÜİK (2022) nüfus verilerine göre merkez ilçeleri olan Palandöken, Aziziye ve Yakutiye'de toplam 428.000 kişi civarında nüfus barındırmaktadır.

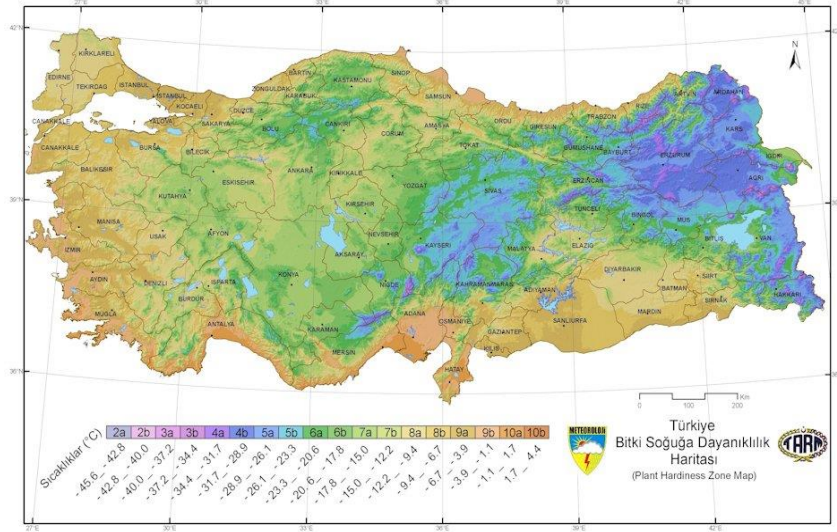
### Metot

Çalışmada Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları (Plant Hardiness Zones) dikkate alınarak 4b zonunda yer alan Erzurum merkezde yetiştirilecek bitkilerin bir listesi oluşturulmuştur. Bu listeler oluşturulurken 2006 yılında kurulan ve yaklaşık 16 yıllık bir süreçte birçok bitki türünün denendiği Atatürk Üniversitesi Ata Botanik Bahçesi içerisinde, başarılı sonuçlar alınmış odunsu peyzaj bitkileri de dikkate alınmıştır. 1850 rakımda bulunan ve yıllık ortalama sıcaklığı 5,7 °C ile ülkemizin en düşük değerlerinden birine sahip olan Erzurum'da doğru tür kullanımı konusunda öncü bir alan oluşturulması amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikli olarak Arboretum Peyzaj Projesi hazırlanmıştır. Hazırlanan bu proje kapsamında kullanılacak bitki türleri belirlenirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır:

Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları bitkilerin soğuk zararından etkilenmemeleri için yardımcı bir rehber niteliğindedir. Bu zonlar ilk olarak 1965 yılında ABD Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından bugünkü haliyle hazırlanmış, sonradan tüm dünyada kabul görmüş ve birçok ülke tarafından kendi ülkelerine uyarlanmıştır. Ziraat mühendisleri, zirai meteorolojistler, klimatolojistler ve bitki bilimcilerinden oluşan bir komisyon tarafından hazırlanan harita, 10°F aralıklarla 13 bitki dayanıklılık bölgesinden oluşmaktadır. Bölgeler kendi içinde a ve b şeklinde 5°F'lık (2.8°C) iki alt bölgeye ayrılmıştır. 1a bölgesi en düşük sıcaklıklı kuşağı temsil ederken (-55,-60°F veya -48.3 -51.1°C) en sıcak kuşağı ise 13b bölgesi temsil etmektedir (65-70 °F veya 18.3°C – 21.1°C). Türkiye için ilk defa 1975–2006 verileriyle 2009 yılında hazırlanan bitki soğuğa dayanıklılık haritası, 2022 yılı itibarıyla 1981-2020 verileriyle yeniden hazırlanmıştır. Haritada Ağrı İli en düşük ortalama minimum sıcaklık değeri olan -32°C ile 4a bölgesinde yer almaktadır. Antalya İli Kaş İlçesi ise en yüksek ortalama minimum sıcaklığa (3.1°C) sahip ölçüm yapılan yerleşim merkezi olup, 10b bölgesinde yer almaktadır (MGM, 2023; Uzun ve ark. 2016). Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları (Plant Hardiness Zones) kapsamında 4b zonunda bulunan Erzurum için bitki seçiminde bu zonun dikkate alınarak türler belirlenmiştir. Bu kapsamda T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Tarafından hazırlanmış olan Türkiye Bitki Soğuğa

Dayanıklılık Haritası (Şekil 2) ve Türkiye İl Merkezleri Bitki Soğuğa Dayanıklılık Tablosundan (Çizelge 1) faydalanılmıştır.



Şekil 2. Türkiye Bitki Soğuğa Dayanıklılık Haritası (MGM, 2023)

Çizelge 1. Türkiye İl Merkezleri Bitki Soğuğa Dayanıklılık Tablosu (MGM, 2023)

BÖLGE	SICAKLIKLAR		İLLER
	(°C)	(°F)	
4a	-31.7_-34.4	-25_-30	Ağrı
4b	-28.9_-31.7	-20_-25	Ardahan, Erzurum
5a	-26.1_-28.9	-15_-20	Kars, Muş
5b	-23.3_-26.1	-10_-15	
6a	-20.6_-23.3	-5_-10	Bayburt, Kayseri, Sivas
6b	-17.8_-20.6	0_-5	Erzincan, Gümüşhane, Karaman
7a	-15.0_-17.8	5_0	Afyonkarahisar, Aksaray, Bingöl, Bitlis, Bolu, Çorum, Eskişehir, Hakkari, Iğdır, Kastamonu, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Tunceli, Van, Yozgat
7b	-12.2_-15.0	10_5	Ankara, Çankırı, Diyarbakır, Elazığ, Kırıkkale, Kütahya, Tokat, Isparta,
8a	-9.4_-12.2	15_10	Amasya, Bartın, Batman, Burdur, Düzce, Edirne, Karabük, Kırklareli, Malatya, Uşak,
8b	-6.7_-9.4	20_15	Artvin, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şırnak, Tekirdağ
9a	-3.9_-6.7	25_20	Adıyaman, Çanakkale, Denizli, Kocaeli, Kilis, Manisa, K.Maraş, Muğla, Osmaniye, Sakarya, Şanlıurfa, Yalova
9b	-1.1_-3.9	30_25	Adana, Aydın, Giresun, Hatay, İstanbul, İzmir, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Trabzon, Zonguldak
10a	1.7_-1.1	35_30	Antalya, Mersin

Bitkilerin soğuğa dayanıklılık zonları ile ilgili olarak farklı çalışmalarda farklı zonlar bulunabilmektedir. Yapılan bu çalışma kapsamında birçok kaynak ve web sayfası taranarak en güvenli sonuçların verildiği çalışmalar araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Birleşik Krallık tescilli bir vakıf tarafından oluşturulmuş olan ve 8000'den fazla bitki hakkında bilgiyi ücretsiz olarak sağlayan pfa.org sitesi (PFAF; Plants For A Future) üzerinden dayanıklılık zonları belirlenmiştir (URL-3, 2023).

Alanda kullanılacak doğal türlerin tespitinde ise Türkiye Bitkileri Veri Servisi (TÜBİVES) verilerinden ve Irmak (2013) tarafından yapılan "Use of Native Woody Plants in Urban Landscapes" isimli makaleden faydalanılmıştır.

Peyzaj projelerinin oluşturulmasının ardından projeye maddi destek oluşturmak ve Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminden destek talep etmek amacıyla araştırma projesi hazırlanmış ve destek alınmıştır. Ayrıca otomatik sulama tesisatı ve tesviye çalışmaları için de Atatürk Üniversitesi Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığı imkanlarından ve personelinden faydalanılmıştır.

Arazi tesviye çalışmaları esnasında çukur ve problemlili alanlara bitkisel toprak getirilerek alan istenilen yapıya dönüştürülmüştür. Tesviye çalışmaları sonrasında otomatik sulama tesisatı döşenmiş olup, alan bitki dikim çalışmalarına hazır hale getirilmiştir.

Bilimsel araştırma projesi kapsamında bitki türleri ve çim karışımları ihalesi yapılmak suretiyle temin edilmiş ve alana uygulanmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında Atatürk Üniversitesi Arboretum (ATA Arboretum) peyzaj projesi oluşturulmuştur. Prof. Dr. Mehmet Akif IRMAK ve Arş. Gör. Cihad BİLGE tarafından oluşturulan Atatürk Üniversitesi Ata Arboretumu Peyzaj Projesi (Şekil 3) yöntem kısmında açıklanan Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları (Plant Hardiness Zones), Ata Botanik Bahçesi ve çeşitli bilimsel kaynaklardan elde edilen veriler ışığında hazırlanmıştır. Çalışmada 24 tür Erzurum’da ilk kez kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan türler, sayıları ve bu türlerin ilk kez kullanılma durumları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. ATA Arboretum Projesi kapsamında kullanılan bitki türleri, bitki sayıları ve ilk kez kullanım durumları.

### İbrelili Bitkiler Sınıfında Bulunan Ağaç ve Çalılar

Bitki Latince İsim	Bitki Türkçe İsim	Erzurum’da İlk Kez Kullanım Durumu	Adet
<i>Abies concolor</i>	Gümüşi Göknar		3
<i>Abies sibirica</i>	Sibirya Göknarı		1
<i>Picea pungens</i> “Glauca”	Aşılı Mavi Ladin		10
<i>Picea pungens</i> “Hoopsii”	Aşılı Avrupa Mavi Ladini		3
<i>Picea abies</i>	Avrupa Ladini		10
<i>Picea omorica</i>	Balkan Ladini		1
<i>Picea excelsa</i>	Batı Ladini	✓	1
<i>Picea glauca</i> “Conica”	Konik Ladin		6
<i>Picea pungens</i> “Glauca Globosa”	Bodur Mavi ladin		6
<i>Juniperus virginiana</i> “Skyrocket”	Roket Ardıç		50
<i>Juniperus chinensis</i> “Stricta”	İnce Yapraklı Ardıç		3
<i>Juniperus squamata</i> “Blue Star”	Mavi sürünücü halı yıldız ardıç		30
<i>Juniperus chinensis</i> “Pfitzeriana Glauca”	Mavi Çin Ardıcı		30
<i>Juniperus chinensis</i> “Pfitzeriana Aurea”	Sarı Çin Ardıcı		30
<i>Juniperus sabina</i>	Sabin Ardıcı		30
<i>Juniperus sabina</i> “Tamarixifolia”	-		30
<i>Juniperus communis</i> “Hibernica”	-	✓	6
<i>Juniperus horizontalis</i> 'Blue Chip'	-		30

<i>Juniperus excelsa</i>	Boylu ardıç	✓	1
<i>Pinus nigra</i> “Pyramidalis”	Piramit Kara Çam		3
<i>Pinus mugo</i> “Wintergold”	-		3
<i>Pinus mugo</i> “Mughus”	-		3
<i>Pinus mugo</i> “Mops”	-		3
<i>Pinus mugo</i> “Humpy”	-		3
<i>Pinus mugo</i> “Gnom”	-		3
<i>Thuja occidentalis</i> “Smaragad”	Smaragd Mazı		60
<i>Thuja orientalis</i> “Pyramidalis Aurea”	Altuni Doğu Piramit Mazı		10
<i>Thuja orientalis</i> “Aurea Compacta Nana”	Top Formlu Altuni Doğu Mazısı		10
<i>Cedrus libani</i>	Toros sediri		1
<i>Cupressocyparis leylandii</i>	Aşılı Piramit Melez Servi		3
<i>Cupressocyparis leylandii</i> “Gold Rider”	Sarı Leylandi	✓	3
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginko	✓	1

#### Geniş Yapraklı Bitkiler Sınıfında Bulunan Ağaç ve Çalılar

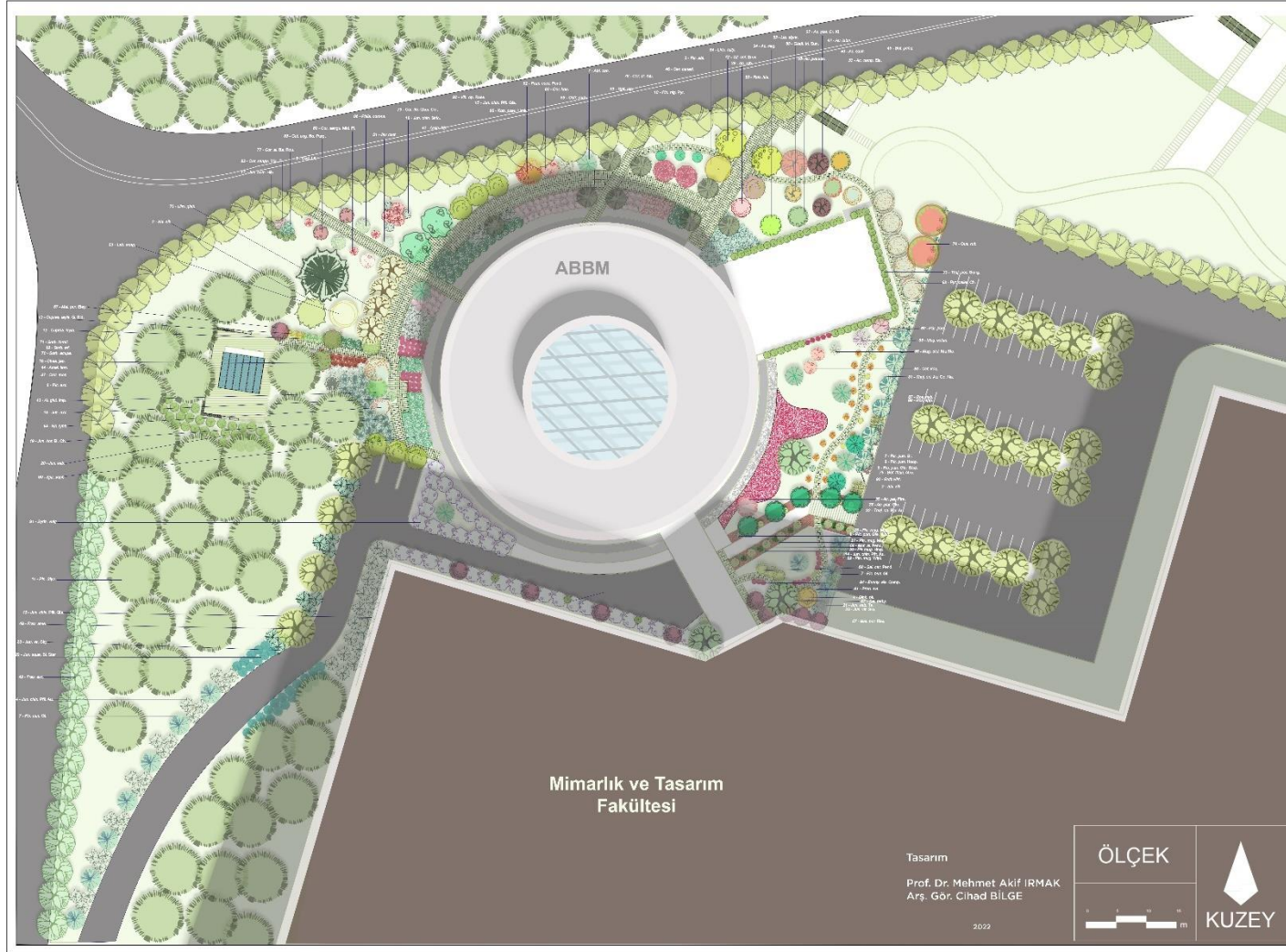
Bitki Latince İsim	Bitki Türkçe İsim	Erzurum’da İlk Kez Kullanım Durumu	Adet
<i>Robinia hispida</i>	Pembe Çiçekli Akasya		1
<i>Robinia pseudoacacia</i> “Umbraculifera”	Top akasya		6
<i>Fraxinus americana</i>	Amerikan Dişbudağı		25
<i>Fraxinus excelsior</i>	Dişbudak		5
<i>Ulmus glabra</i>	Karaağaç		5
<i>Malus purpurea</i> “Eleyii”	Pembe çiçekli Elma		10
<i>Viburnum opulus</i> “Roseum”	Kartopu		40
<i>Euonymus alatus</i> “Compacta”	Kızaran Avrupa Taflan		40
<i>Philadelphus coronarius</i>	Filbahri		20
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Kayacık	✓	1
<i>Lonicera nitida</i>	Hanimeli	✓	5
<i>Pyrus calleryana</i> “Chanticleer”	Çin süs armudu		3
<i>Parrotia persica</i>	Kızaran İran Demir Ağacı	✓	1

<i>Salix caprea</i> “Kilmarnock”	Ters aşılı keçi söğüdü		3
<i>Salix babylonica</i>	Salkım söğüt		3
<i>Sorbus aria</i>	Üvez		1
<i>Sorbus aucuparia</i>	Kuş üvezi		1
<i>Sorbus torminalis</i>	Akçaağaç yapraklı üvez	✓	1
<i>Cornus kousa</i>	Kousa kızılciğı	✓	3
<i>Cornus kousa</i> “Satomi”	-	✓	3
<i>Cornus sanguinea</i> “Midwinter Fire”	Yabani kızılciğı	✓	3
<i>Cornus florida</i> “Cherokee Chief”	-	✓	3
<i>Cornus alba</i> “Baton Rouge”	-	✓	3
<i>Cornus alba</i> “Sibirica”	Süs kızılciğı		40
<i>Spirea vanhouttei</i>	Keçi sakalı		40
<i>Spirea japonica</i>	Japon keçi sakalı		40
<i>Berberis thunbergii</i> “Atropurpurea”	Kızımı yapraklı berberis		100
<i>Rosa hybrida</i>	Hibrit güller		100
<i>Rosa</i> spp. (Meilland)	Meyland Gül		100
<i>Craetagus monogyna</i>	Alıç		1
<i>Aesculus hippocastanatum</i>	At kestanesi		2
<i>Prunus cerasus</i> “Pendula”	Sarkık vişne		1
<i>Prunus avium</i>	Kiraz		1
<i>Laburnum anagyroides</i>	Sarı salkım		3
<i>Chanomeles japonica</i>	Japon ayvası		10
<i>Betula pendula</i>	Huş		50
<i>Morus alba</i> “Pendula”	Sarkık dut		10
<i>Rhus typhina</i> “Dissecta”	Kızaran Sumak		3
<i>Syringa vulgaris</i>	Leylak		50
<i>Amalanchier lamarckii</i>	Taş armudu		5
<i>Tilia cordata</i> “Erecta”	İhlamur		2
<i>Quercus rubra</i>	Kırmızı Meşe		2
<i>Cercis canadensis</i>	Kanada Erguvanı	✓	2

<i>Cotinus coggygia</i> “Royal Purple”	Kırmızı yapraklı bulut ağacı		2
<i>Gladitschia triacanthos</i> “Sunburst”	Aşılı Sarı yapraklı glediciya		1
<i>Ilex castanefolia</i>	Kestane yapraklı çoban püskülü	✓	1
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Amerikan Lale ağacı	✓	1
<i>Alnus glutinosa</i> “Imperialis”	Söğüt yapraklı kızılagaç	✓	1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amerikan küre çiçekli gün sığlası	✓	1
<i>Magnolia solungeana</i>	Aşılı saray manolyası	✓	1
<i>Magnolia stellata</i> “Multi Stem”	Yıldız çiçekli saray manolyası	✓	1
<i>Acer saccharinum</i>	Gümüşi Akçaağaç		1
<i>Acer platanoides</i> “Crimson King”	Kırmızı çınar yapraklı akçaağaç		1
<i>Acer negundo</i>	Kanada akçaağacı		1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Yalancı Çınar Yapraklı Akçaağaç		1
<i>Acer platanoides</i> “Globosum”	Çınar Yapraklı Top Akçaağaç		5
<i>Acer campestre</i> “Elsrijk”	Ova akçaağacı		1
<i>Acer palmatum</i> “Fire Glow”	Fire Glow Japon Akçaağacı	✓	1
<i>Acer rubrum</i>	Kırmızı Akçaağaç		1
<i>Acer tataricum</i>	Tatar Akçaağacı	✓	1
<i>Rutbeckia hirta</i>	Güneş şapkası	✓	50
<b>Çim Karışımı - Soğuklara Dayanımlı 4'lü Karışım</b>			
%40 <i>Lolium perenne</i>			
%10 <i>Poa pratensis</i>			
%30 <i>Festuca rubra rubra</i>			
%20 <i>Festuca rubra commutata</i>			



**ATA ARBORETUM  
BİTKİSEL TASARIM PROJESİ**



**BİTKİ LİSTESİ**

**KONİFER AĞAÇ, AĞAÇCIK VE ÇALILAR**


**GENİŞ YAPRAKLI AĞAÇ, AĞAÇCIK VE ÇALILAR**


Şekil 3. Atatürk Üniversitesi Ata Arboretumu Peyzaj Projesi.

Peyzaj projesinin oluşturulmasından sonraki aşamada sırası ile alanın tesviye çalışmaları, otomatik sulama tesisatı oluşturulması çalışmaları (Şekil 4), alandan geçirilen yolların ve döşeme malzemelerinin yapılması çalışmaları (Şekil 5), bitkilerin dikim çalışmaları ve çimlendirme çalışmalarıyla sonbahar görüntüleri ve Şekil 6'daki çeşitli arboretum genel görünümü elde edilmiştir.



Şekil 4. Tesviye çalışmaları ve otomatik sulama tesisatı çalışmaları.



Şekil 5. Alandan geçirilen yolların ve döşeme malzemelerinin yapılması çalışmaları.



Şekil 6. Bitkilerin dikim çalışmaları ve çimlendirme çalışmaları.

Erzurum kenti MGM'nin son 30 yıllık verilerine göre en düşük  $-37.2$  °C'yi görürken en yüksek ise  $36.5$  °C'lik yaz sıcaklığını yaşamış bir kenttir. Kent geneline dikilen bitkiler  $73.7$  °C'lik bir aralığa toleranslı olmaları gerekmektedir. Karın yerde kalma süresi 113 gün ve don olan gün sayısı 170 gün kadardır. Vejetasyon periyodunun kısa olması, ilkbahar geç donları ve sonbahar erken donları gibi ekstrem ve olumsuz koşullar kent genelinde bitkiler üzerinde baskılar oluşturmaktadır. Yörenin doğal bitkileri bu ekstremlerden daha az etkilenirken, egzotik türler adaptasyon zorluğu yaşayabilmektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma kapsamında Erzurum koşullarında bir Arboretum oluşturulma aşamaları anlatılmıştır. Çalışma kapsamında ABMM ismi ile tescillenen ve Dünya Müzeler Birliğine kayıtlı olan zengin bir potansiyele sahip müzenin (Şekil 7) bahçesi de bir arboretum olarak tasarlanıp uygulanmıştır. Çalışmada ilke olarak "içi biyoçeşitlilik müzesi dışı ağaç müzesi" ilkesi benimsenmiştir. Arboretum tasarımı yapılırken ileride olası genişleme ve büyümeye açık tasarlanmıştır.



Şekil 7. ABMM'den görünüm

Arboretum kapsamında  $13.000$  m<sup>2</sup> alan üzerinde 92 odunsu tür (32 konifer, 60 geniş yapraklı) alana dikilmiştir. Bu türlerden 24 tanesi Erzurum kenti için ilk kez denenmiştir. Çalışma kapsamında bulunduğu konum itibarı ile Ata Arboretum, Yaltırık ve Efe (1996); Önen ve Yılmaz (2001); Özyavuz ve Korkut, (2008); Boiko ve Dementieva (2018); Sarvašova ve Kirałova (2018) tarafından hazırlanan çalışmalar ışığında tasarımı yapılan Ata Arboretum, Atatürk Üniversitesi içerisinde bulunan Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Süs Bitkileri Yetiştiriciliği Anabilim



Dalı, Biyoloji Bölümü ve Eczacılık Bölümü gibi birçok alan için de bilimsel bir laboratuvar olmuştur. Yapılan bu çalışma ile bir Arboretum oluşturulması aşamaları, türlerin belirlenmesi ve peyzaj alanlarına aktarılması açısından izlenecek yollar ve süreç ortaya konulmuştur.

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

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Üretilmiş olan bu makaleye, makale yazarları tarafından eşit oranda katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Aslanboğa, İ. 2002. Bitkilendirmenin İlkeleri. Orman Bakanlığı, Ege Ormancılık Araştırma Mud., Urla, İzmir, p 128.
- Barış, M. 2005. Kent Planlaması. Kent Ekosistemi ve Ağaçlar. Planlama 4:156–163.
- Boiko, T. O., Dementieva, O. I. 2018. The tree vegetation of the Kherson State Agrarian University Arboretum. Ukrainian journal of ecology, 8(2), 120-127.
- Bradshaw, A., Hunt, B., Walmsley, T. 1995. Trees in the urban landscape. Principles and practice, E. and F.N. Spon, London
- Eminağaoğlu, Ö. (Ed.), 2015. Artvin'in Doğal Bitkileri, İstanbul: Promat.
- Gill, S., Handley, J., Ennos, R., Pauleit, S. 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. J Built Environ 33(1): 115–133.
- Gómez-Munoz, V.M., Porta-Gándara, M.A., Fernández, J.L. 2010. Effect of tree shades in urban planning in hot arid climatic regions. Landsc Urban Plan 94(3–4):149–157.
- Irmak, M.A., 2013. "Use of native woody plants in urban landscapes", Journal of Food, Agriculture and Environment (JFAE) (ISI), 1305-1309 pp.
- Irmak, M.A., Yılmaz, S., Mutlu, E., Yılmaz, H., 2018. Assessment of the effects of different tree species on urban microclimate. Environmental Science and Pollution Research (2018) 25:15802–15822, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1697-8>.
- Leuzinger, S., Vogt, R., Körner, C. 2010. Tree surface temperature in an urban environment. Agric For Meteorol 150(1):56–62.
- MGM, 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri. (<https://mgm.gov.tr/>)
- Morgan, E. C., 2009. The vegetation and vascular flora of the Bartlett Arboretum Forest. The Journal of the Torrey Botanical Society, 532-540.
- Nowak, D.J., Dwyer, J.F. 2000. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser JE (ed) Handbook of urban and community forestry in the Northeast. Plenum Publishers, New York, p 11–25.
- Önen, N., Yılmaz, O., 2001. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kampüslerinde Arboretum Oluşturulması Üzerine Bir Araştırma. Journal of Agricultural Sciences, 7(01), 134-141.
- Özyavuz, M., Korkut, A. B., 2008. Trakya Üniversitesi Güllapoğlu Arboretumu Peyzaj Planlama Çalışmaları. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(3), 297-307.
- Posavec, S., Beljan, K., Herceg, N., Pezdevšek Malovrh, Š. 2012. Contingency Valuation of Croatian Arboretum Opeka. South-east European forestry: SEEFOR, 3(2), 97-101.
- Sarvašová, I., Kiráľová, A. 2018. Educational Tourism in Arboretum—The Case of Borová Hora, Journal of Tourism and Services, 9(16), 31-44.
- Trowbridge, P.J., Bassuk, N.L. 2004. Trees in the urban landscape; site assessment, design and installation. John Wiley & Sons Inc., New Jersey, p 203.
- TUBİVES, 2023. Türkiye Bitkileri Veri Servisi.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu Verileri.
- URL-1, 2023. Atatürk Arboretumu Resmi İnternet Sayfası, <https://ataturkarboretumu.ogm.gov.tr/tr/sayfa/genel-bilgiler>.
- URL-2, 2023. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Resmi İnternet Sayfası. <https://www.ngbb.org.tr/arboretum.html>.
- URL-3, 2023. Plants For A Future. <https://pfaf.org/user/Default.aspx>
- Uzun, Ö. F., Gül, A., Türker, H. B., Keleş, E. 2016. Soğuk İklim Koşullarında Kent Peyzajında Kullanılabilecek Bitki Türleri ve Bitkisel Tasarım Yaklaşımları. International Winter Cities Symposium, Proceedings Book (Electronic Book), ISBN No: 978-975-442-811-7, p. 228-242. 10-12 February, Erzurum.
- Walker, T. 1991. Planting Design. Van Nostrand Reinhold, New York, p.196
- Yaltırık, F., Efe, A. (1996). Otsu Bitkiler Sistematığı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 10.

- Yılmaz, S., Toy, S., Irmak, M. A., Yılmaz, H. 2007 a. Determination of climatic differences in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Build Environ* 42 (4):1604–1612
- Yılmaz, S., Toy, S., Yılmaz, H. 2007 b. Human thermal comfort over three different land surfaces during summer in the city of Erzurum, Turkey. *Atmosfera* 20 (3):289–297.
- Yu, C., Hien, W.N. 2006. Thermal benefits of city parks. *Energy Build* 38:105–120.

## Hasat Sonrası Uygulanan Bazı Uçucu Yağların Elmalarda *Botrytis cinerea* ve Meyve Besin İçeriğine Etkisi

Sinem KARAKUŞ<sup>1,2\*</sup> 

<sup>1</sup>Hakkâri Üniversitesi, Çölemerik Meslek Yüksekokulu, Hakkâri, Türkiye

<sup>2</sup>Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [sinemkarakus@hakkari.edu.tr](mailto:sinemkarakus@hakkari.edu.tr)

Geliş Tarihi: 31.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 15.06.2023 Kabul Tarihi: 16.06.2023

### ÖZ

Bu çalışma "Golden Delicious" elma çeşidinde Kurşuni küfe (*Botrytis cinerea* Pers.) karşı koruyucu ve iyileştirici etkide uçucu yağların (UY) bireysel ve kombinasyonlarının besin elementlerinin içeriği üzerine ilişkilerini değerlendirmek amacı ile yürütülmüştür. Bu amaca yönelik çalışmada enfeksiyon öncesi (koruyucu etki) ve sonrası (iyileştirici etki) elma meyveleri kullanılarak timol, ögenol, 1,8-sineol UY'ların koruyucu ve iyileştirici özelliğinin besin elementleri içeriğine etkileri araştırılmıştır. Hasat edilen elmalar UY (tekli kombinasyonlarda 1.25 µL, ikili kombinasyonlarda 2.5 µL, üçlü kombinasyonlarda 3.75 µL) içeren çözeltilere batırılarak 30 dakika boyunca inkube edilip  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün depolanmıştır. Daha sonra Kjeldahl yöntemi ve bir Vapodest Hızlı Kjeldahl Distilasyon Ünitesi kullanılarak makro ve mikro besin elementleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre, *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının besin elementi içeriği üzerine olumlu etki yaparak meyve kalitesini koruduğu tespit edilmiştir. Uygulama yöntemlerinden iyileştirici etkinin koruyucu etkiye göre besin elementleri içeriğinin kontrol grubuna göre arttırmada daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca UY'ların bireysel ve kombinasyonlarının besin elementleri içeriğine etkileri incelendiğinde en fazla timol ve ögenol kombinasyonlarının oluşturduğu gruplarda içeriği en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Tüm besin elementleri içeriği değerlendirildiğinde ise, Na içeriğinin en yüksek olduğu buna karşın kükürtün diğer elementlerden daha düşük içeriğe sahip olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak hasat sonrası meyvelerde *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamasının makro ve mikro besin elementleri yönünden iyi sonuçlar elde edilmiştir. Elmalarda hasat sonrası kurşuni küfe karşı uçucu yağların sentetik fungusitlerin yerine alternatif olacağını ve gelecek açısından ümit verici olduğunu düşünmekteyiz.

**Anahtar kelimeler:** Besin elementleri, kurşuni küf, ögenol, 1,8-sineol, timol

## The Effect Of Some Essential Oils Applied After Harvest on *Botrytis cinerea* and Fruit Nutritional Content in Apples

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the relationships between individual and combinations of essential oils (EO) on the content of nutrients in the protective and curative effect against gray mold (*Botrytis cinerea* Pers.) in "Golden Delicious" apple cultivar. The effects of the protective and curative properties of thymol, eugenol, 1,8-cineol EOs on the nutritional elements content were investigated by using apple fruits before (protective effect) and after infection (curative effect). Harvested apples were dipped in solutions containing EO (1.25, 2.5, 3.75 µL) and incubated for 30 minutes at  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  for 7 days. Macro and micro nutrients were determined using the Kjeldahl method and a Vapodest Rapid Kjeldahl Distillation Unit. It was determined that EO applications against *B. cinerea* protected the fruit quality by making a positive effect on the nutrient content. The curative effect of the application methods is more effective in increasing the nutrient content than the control group compared to the protective effect. Since the effects of individual and combinations of EOs on the nutrient content were examined, it was determined that the content of thymol and eugenol combinations increased the most in the groups. When the content of all nutrients was evaluated, it was

determined that the Na content was the highest, while the sulfur content was lower than the other elements. As a result, good results were obtained in terms of macro and micro nutrients of EO application against *B. cinerea* in post-harvest fruits. We think that essential oils will be an alternative to synthetic fungicides against postharvest gray mold in apples and are promising for the future.

**Keywords:** Nutrient elements, gray mold, eugenol, 1,8-cineol, thymol

## GİRİŞ

Bol miktarda vitamin, mineral ve antioksidan bileşiklerle yüksek besin değerine sahip *Malus domestica* Borkh (elma), tüm dünyada insanlar arasında en popüler ve en çok tüketilen meyvelerden biridir (Zhao ve Wang, 2015). Elma, yıl boyunca muhafaza edilebilmesi sayesinde dünya çapında ticarete konu olmaktadır. Kaliteli saklama koşulları ile elma en yüksek fiyata ulaştığı bir zamanda bile piyasada satılabilmektedir. Elmaya talep çok olduğundan, tarlada başarılı bir üretimden sonra, yetiştiricilerin depolamalarına özel dikkat göstermeleri gerekmektedir (Grahovac ve ark., 2020). Ancak elmada hasat sonrası depolamada biyotik ve abiyotik faktörler ürün kayıplarına neden olması önemli bir problemdir. Özellikle biyotik faktörler arasında mantar hastalıkları, elmanın hasat sonrası depolama kayıplarını etkileyen başlıca sorun oluşturmaktadır (Sun ve ark., 2013). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu biyotik faktörler arasında yer alan en önemli mantari hastalıklardan biri olan “Kurşuni Küf (*Botrytis cinerea* Pers.) Hastalığı” verimde azalmanın yanı sıra pazar değerinde olumsuz etkiler yaparak ürün kaybına neden olmaktadır (Banani ve ark., 2018). Günümüzde sentetik fungusitler hasat sonrası çürümeyi kontrol etmede kullanılan başlıca yoldur. Tarım ürünlerinin raf ömrünü fungusitler ve geliştirilmiş depolama teknolojileri büyük ölçüde uzatmış olsa da, sanayileşmiş ülkelerde hasat sonrası kayıplar hala %20'nin üzerindedir (Janisiewicz ve Korsten, 2002). Fungisitlerin yoğun kullanımı, dirençli ırkların ortaya çıkması, çevreye ve insan sağlığı gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle, fungusitlerin kullanımını azaltabilecek alternatif yöntemlerin geliştirmesi son dönemlerde hükümetlerin en önemli gündemi haline gelmiştir (Singh ve Chhatpar, 2011; Grahovac ve ark., 2020). Bu nedenle pestisit üreticilerinin çoğu biyo-pestisit endüstrisine odaklanmaktadır (Valero ve Giner, 2006). Son yıllarda biyolojik bozulmayı kontrol altına almak ve depolama ömrünü uzatmak için bitkilerin uçucu yağlarından (UY) üretilen doğal pestisitlerin kullanımı giderek daha fazla tercih edilmektedir (Karakuş ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021) Uçucu yağların, antifungal aktivitesi, fitotoksisiteleri ve biyolojik olarak parçalanabilirlikleri göz önüne alındığında, onları kimyasal fungusitlerin yerini alan umut verici bir alternatif olarak kullanılabilmesi önerilmiştir (Pedrotti ve ark., 2019).

Pek çok uçucu yağın, yumuşak çekirdekli ve sert çekirdekli meyveler, çilek ve sofralık üzümde antifungal özelliği kanıtlanmıştır (Banani ve ark., 2018; Santoro ve ark., 2018). Elmalar üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar, UY'ların mavi küf (*Penicillium expansum*) (El Ouadi ve ark., 2017; Xylia ve ark., 2021), kurşuni küf (*B. cinerea*) (Mbili ve ark., 2017; Banani ve ark., 2018; Šernait'e ve ark., 2020) ve acı çürüklüğe (*Colletotrichum türleri*) (Lee ve ark., 2007; Oli ve ark., 2019) karşı etkinlikleri bildirilmiştir. Farklı araştırmacılar, güçlü antifungal aktivite gösteren ve meyvelerde kurşuni küf kontrolü için kullanılabilen timol, ögenol, p-simen ve karvakrol gibi UY'larda bulunan uçucu organik bileşikler tanımlamıştır (Soković ve ark., 2009). Bu uçucu yağ bileşenlerinin (timol, ögenol, 1,8-cineol) koruyucu ve iyileştirici etkisinin *B. cinerea*'ya karşı elmanın kalite parametrelerini artırdığı daha önceki çalışmalarımızda rapor edilmiştir (Karakuş, 2023a; Karakuş, 2023b). Bu açıdan bu bileşenlerin UY'lar gibi alternatif kontrol stratejisi olarak kullanımı yavaş yavaş pratikte uygulanmaya başlamıştır. Öte yandan önceki çalışmalarda timol, ögenol ve 1,8-cineol uçucu yağlarının tek tek ve kombinasyonlarının hasat sonrası elmaların *B.cinerea*'ya karşı korunmasında besin elementlerinin içerikleri üzerindeki etkilerine dair bir bilgi bulunmamaktadır. Nitekim bitkilerin yaprak, meyve, yaprak sapı gibi birçok organının besin elementi içeriği o bitkinin beslenmesi, sonuç olarak üretilen ürünün miktar ve kalitesi için iyi bir indikatördür (Çimrin ve ark., 2000). Bitkilerde besin elementlerinin içeriğini etkileyen birçok faktör (iklim,

toprak, sulama, budama, bitki koruma ve bitki besleme) olduğu bilinmektedir. Besin element içeriği dönemsel olarak değişmektedir (Uçgun ve ark., 2014). Bu nedenle, bu çalışma ile timol, ögenol ve 1,8-sineol UY'larının tek tek ve kombinasyonlarının *B. cinerea*'ya karşı koruyucu ve iyileştirici etkilerini hasat sonrası elmalar üzerindeki besin elementlerinin içeriklerine etkileri değerlendirilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Patojen izolatu, uçucu yağlar ve meyve materyalleri

Önceki çalışmamızda (yayınlanmamış veriler), moleküler olarak teşhis edilen *B. cinerea* izolatu kullanılmış ve patates dekstroz agarda (PDA) rutin olarak kültürlenmiştir. Timol (Aldrich C121452), ögenol (Fluka 45980) ve 1,8-sineol (Aldrich 183164) Sigma-Aldrich'ten (Şanghay, Çin) satın alındı ve karanlıkta 4°C'de saklanmıştır. Elmalar (Golden Delicious) Eylül ayında (sıcaklık 25°C ve %30.0 nem) Erzincan'daki meyve bahçelerinden hasat edilmiştir. Deneyler için ticari olgunlukta, tek tip boyutta ve fiziksel hasar ve Hastalık açısından görsel olarak temiz meyveler kullanılmıştır. Bu çalışmada her bir uçucu yağ için %10'luk stok solüsyon hazırlanmıştır. Stok solüsyondan 5 mL alındı ve bu solüsyon 400 mL suya eklendi. Elmalar ilk olarak 10 mL L<sup>-1</sup> sodyum hipoklorit solüsyonunda yıkandı, ardından musluk suyuyla durulandı ve oda sıcaklığında kurutuldu. Dezenfekte edilmiş elma meyvelerinin ekseninde (3 mm genişliğinde ve 3 mm derinliğinde) steril bir iğne kullanılarak iki yara oluştu. Deneme (I)'de koruyucu etki için aşağıdaki uygulamalar oluşturulmuştur; kontrol (K) (saf su), fungus (F) (patojenin spor süspansiyonu ; 1x10<sup>5</sup> konidi mL<sup>-1</sup>); 1,25 µL, timol (T); 1,25 µL, ögenol (Ö); 1,25 µL, 1,8-sineol (S); 1,25 µL, Timol+Fungus (T+F); 1,25 µL, Sineol+Fungus (S+F); 1,25 µL, Ögenol+Fungus (Ö+F); 1,25 µL, Sineol+Ögenol+Fungus (S+Ö+F); 2,5 µL, Timol+Ögenol+Fungus (T+Ö+F); 2,5 µL, Timol+Sineol+Fungus (T+S+F); 2,5 µL Timol+Sineol+Ögenol+Fungus (T+S+Ö+F); 3,75 µL, (II) iyileştirici etki için ise; kontrol (saf su), fungus (patojenin spor süspansiyonu; 1x10<sup>5</sup> konidi mL<sup>-1</sup>); 1,25 µL, timol; 1,25 µL, ögenol; 1,25 µL, 1,8-sineol; 1,25 µL, Fungus+Timol (F+T); 1,25 µL, Fungus+Sineol (F+S); 1,25 µL, Fungus+Ögenol (F+Ö); 1,25 µL, Fungus+Sineol+Ögenol (F+S+Ö); 2,5 µL, Fungus+Timol+Ögenol (F+T+Ö); 2,5 µL, Fungus+Timol+Sineol (F+T+S); 2,5 µL, Fungus+Timol+Sineol+Ögenol (F+T+S+Ö); 3,75 µL. Denemedeki kombinasyonlar için en uygun doz, bireysel olarak uygulanan konsantrasyonların kombinasyon halinde uygulandığında meyve kabuğunda deformasyona neden olması nedeniyle önceki ön çalışma sonuçlarımız dikkate alınarak belirlenmiştir (yayınlanmamış veriler). Denemede hem koruyucu hem de iyileştirici 11 uygulama (toplamda 22 uygulama) kullanıldı ve her tedavi, tamamen rastgele bir tasarımda tekerrür başına üç elma ile üç kez tekrarlanmıştır.

### Koruyucu ve iyileştirici etki

Koruyucu etki olarak meyveler uçucu yağ solüsyonlarına daldırıldı ve 30 dakika inkübe edildi. Daha sonra 24 saat oda sıcaklığında kurutuldu. Daha sonra meyvelerin yara bölgeleri *B. cinerea*'nın 1x10<sup>5</sup> spor/mL'de 125 µL'lik süspansiyonu ile inokule edildi. *B. cinerea*'nın konidial süspansiyonu kullanılarak aşılantıdır. Öte yandan, iyileştirici etki için meyveler yara bölgeleridir, 125 µL konidial *B. cinerea* süspansiyonu kullanılarak 1x10<sup>5</sup> spor/mL'de aşılantıdır. Daha sonra oda sıcaklığında 24 saat inkübe edilen meyveler uçucu yağ solüsyonlarında 30 dakika inkübe edildi. Meyveler, +4°C'de yüksek nemde (%90±5) inkübe edilmiş şeffaf plastik kutular içinde bir depoya yerleştirildi. Meyveler, karanlıkta 4°C'de ve %90±5 nemde bir hafta süreyle inkübe edildi. Enfekte olan meyveler inkübasyondan 7 gün sonra kontrol edildi (Droby ve ark. 2003).

### Mineral Element Analizi

Elmalarda (Golden Delicious) mineral element tayini için örnekler 68 °C'de 48 saat etüvde kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Elma örneklerindeki toplam nitrojeni belirlemek için Kjeldahl yöntemi ve bir Vapodest Hızlı Kjeldahl Distilasyon Ünitesi (Gerhardt, Königswinter, Almanya) kullanıldı. Makro elementler (K, Mg, P, Na ve Ca) ve mikro elementler (Fe, Zn, S, Cl, Cu, Mn ve B), AOAC ve ark (2005), tarafından rapor edildiği gibi endüktif olarak eşleştirilmiş bir plazma spektrofotometresi (Optima 2100 DV, Perkin-Elmer, Shelton) kullanılarak tespit edilmiştir.

### Verilerin analizi

Sonuçların karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile hesaplanmıştır. Analizler  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde LSD Student't testi kullanılarak yorumlanmış olup tüm analizler için SPSS (20.0) paket programından yararlanılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, hasat sonrası Golden Delicious elma çeşidinde *B. cinerea*'ya karşı koruyucu ve iyileştirici olarak besin elementlerinin içeriği üzerine uçucu yağların bireysel ve kombinasyonlarının etkileri incelenmiştir. Elma örneklerinde on iki mineral element, nitrojen (N), manganez (Mn), çinko (Zn), kükürt (S), kalsiyum (Ca), potasyum (K), demir (Fe), bor (B), sodyum (Na), fosfor (P), magnezyum (Mg) ve bakır (Cu) belirlenmiştir (Çizelge 1). Araştırmada UY uygulamalarının hasat sonrası elma meyvelerinde besin elementleri içeriği üzerine olumlu etkileri gözlenmiştir. Uygulama yöntemlerinden iyileştirici etkinin koruyucu etkiye göre besin elementleri içeriğinde daha etkili olduğu belirlenmiştir. İyileştirici etkide Mg, Mn, Fe, Zn, B, Cu ve Na elementlerinin içeriği koruyucu etkiye göre daha yüksek değerler göstermiştir. Uçucu yağların makro besin elementleri (N, P, K, Ca, S) içeriği üzerine etkileri incelendiğinde ise Mg hariç diğerleri koruyucu etkide de en yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 1 incelendiğinde N içeriği koruyucu etkide T+S+F grubunda en yüksek %4.96, iyileştirici etkide ise F+T grubunda %8.24 olarak belirlenmiştir. Her iki uygulama yönteminde de en düşük N içeriği kontrol grubunda gözlemlenmiştir. P içeriği %0.17 ile %0.46 değerleri arasında değişmektedir. P içeriğine baktığımızda en iyi sonuç T+S+Ö+F grubunda tespit edilmiştir. K içeriğine baktığımızda en iyi sonuçlar T+Ö+F grubunda (%1.83) elde edilmiştir. En düşük içeriği ise kontrol (%1.01), F ve F+T+Ö (%1.14) uygulamalarında belirlenmiştir. En yüksek Ca içeriği ise T+Ö+F grubunda (%1.69) elde edilmiştir. İyileştirici etki grubundaki tüm uygulamaların Ca içeriği kontrol grubunun gerisinde kalmıştır. Sonuçlar, minerallerin *B. cinerea* ve *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarında önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Ancak koruyucu etkide yapılan uygulamaları Mg içeriğinde önemli bir fark görülmemiştir. Ayrıca S element içeriği de 0.07-0.34 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bununla birlikte tüm uygulama grupları mikro besin elementi alınımında önemli sonuçlar ortaya koymuşlardır. Mn içeriği kontrol grubunda 5.74 ppm iken F+S+Ö grubunda 21.94 ppm'e yükselmiştir. Benzer şekilde Fe içeriği de kontrol grubunda 18.39 ppm'den F+T grubunda 46.72 ppm'e çıkmıştır. Zn içeriği kontrole (0.28 ppm) göre F+T+Ö grubunda (12.28 ppm) daha fazla bulunmuştur. Ayrıca B, Cu, ve Na içeriği iyileştirici uygulama gruplarında sırasıyla 7.29 ppm (F+T+Ö), 0.41 ppm (F+T+S+Ö) ve 353.24 ppm (F+T+S+Ö) ile en yüksek içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. En düşük B ve Cu içeriği kontrol (1.06 ve 0.15 ppm) grubunda belirlenirken, Na içeriğinde en düşük Ö+F (172.98 ppm) grubunda belirlenmiştir. Tüm besin elementleri içeriğine bakıldığında, Na içeriğinin en yüksek olduğu buna karşın S'nin diğer elementlerden daha düşük içeriğe sahip olduğu görülmüştür.

Tüm uygulama gruplarında *B. cinerea* kontrol grubuna göre besin elementleri içeriğini arttırmıştır. Uçucu yağları bireysel ve kombinasyonlarının besin elementleri içeriğine etkileri incelendiğinden en fazla timol ve ögenol kombinasyonlarının oluşturduğu gruplarda içeriği en fazla arttırdığı tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Önceki araştırmalar makro ve mikro besin elementlerinin bitkilerde önemli fizyolojik olaylara etki ettiğini göstermişlerdir. Örneğin S'ün biyolojik zararın yapıtaşları olması ve Mn gibi fotosentezde doğrudan etkili olmaları bitkilerde abiyotik ve biyotik stres şartlarına dayanıklılığı artırdığı belirtilmiştir (Ekbiç ve ark., 2017). Ayrıca kalsiyum, pektinat senteziyle enzimatik parçalanmaya karşı pektinleri daha dayanıklı hale getirerek patojenlerin hücre içerisine girişini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Ca, hem hastalıklara karşı dayanıklılığı artırıcı hem de patojenlerin zararını azaltıcı etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Uçgun ve ark., 2015). Bunun yanında K bakteriyel, viral, fungal ve nematod hastalıklarına karşıda olumlu ve olumsuz etkilerde bulunduğu belirtilmiştir (Datnoff ve ark., 2007). Çalışmada koruyucu ve iyileştirici etkide *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamaları yapılan meyvelerin kontrol grubuna göre besin elementi içeriklerindeki farklılıklar ortaya konmaya çalışılmıştır. Bildiğimiz kadarıyla literatürde bu konuda yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır, bu yüzden çalışmamızın bulgularını diğer çalışmalarla karşılaştırmamız mümkün olmamıştır. Çalışmamızda *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının hasat sonrası meyvelerde kontrol grubuna göre besin elementlerinin içeriğini olumlu yönden arttırmıştır. Bitki gelişimi ve verimini iyileştirmek için kullanılan faydalı bakteriler arasında Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)'ler yer almaktadır (Deniel ve ark., 2006; Seymen ve ark., 2010). Bu nedenle *B. cinerea*'nın besin elementleri içeriğine etkisini rizobakterilerin besin elementleri içeriğine etkisi ile karşılaştırabiliriz.

Plant Growth Promoting Rhizobacteria, (PGPR)'ler bitki gelişimi ve verimini iyileştirmek için kullanılan faydalı bakterilerlerdir (Deniel ve ark., 2006; Seymen ve ark., 2010). PGPR'ler inorganik ve organik fosfor çözünürlüğü artırarak bitki gelişimini teşvik etmekte ve besin elementi alınımını artırmaktadır (Puate ve ark., 2004; Çakmakçı ve ark., 2005). Yapılan diğer çalışmalarda PGPR'ler makro besin elementlerinin yanı sıra mikro besin elementlerinin de alınımını artırdığı bildirilmektedir (Dobbelaere ve ark., 2003; Khan, 2005). Bizim sonuçlarımızda hasat sonrası muhafaza edilen elmalar da *B. cinerea*'nın besin elementlerinin artışına neden olduğu göstermiştir (Çizelge 1). *B. cinerea*'nın makro ve mikro besin elementi içeriğini arttırdığını varsayabiliriz. Üstelik *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının meyvelerde kontrol grubuna göre tüm besin elementlerinin içeriğini arttırdığı da tespit edilmiştir. Literatürde UY uygulamalarının bitkilerde ve meyveler de genel olarak hastalıkları koruyucu ve iyileştirici etkilerinin yanı sıra bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği gösteren birçok çalışma (Valero ve Giner, 2006; Hossain ve ark., 2016; Banani ve ark., 2018; Šernait ve ark., 2020) olmasına rağmen, yapmış olduğumuz bu araştırma hasat sonrası meyveler de UY'ların besin elementlerinin içeriğini olumlu yönde etkilediğini gösteren ilk çalışma niteliğindedir.

Çizelge 1: *B. cinerea*'ya karşı uçucu yağların bireysel ve kombinasyonlarının önleyici ve iyileştirici uygulamalarının hasat edilen elmaların besin elementleri içeriği (mg/kg-1) üzerindeki etkisi

\*Veriler, verilerin ortalaması olarak ifade edilir. Uygulama yöntemi (UY), tedaviler (T) ve önem seviyesi (p-değeri). Belirli bir faktör ve anlamlılık için (p &lt; 0.01), bir sütun içindeki farklı harfler

Uygulama Yöntemi	Tedaviler	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Na (ppm)
Koruyucu		3,97 <sup>a*</sup>	0,38 <sup>a*</sup>	1,41 <sup>a*</sup>	1,38 <sup>a*</sup>	0,10 <sup>b*</sup>	0,16 <sup>a*</sup>	11,25 <sup>b*</sup>	28,59 <sup>b*</sup>	5,62 <sup>b*</sup>	2,66 <sup>b*</sup>	0,25 <sup>b*</sup>	189,08 <sup>b*</sup>
	İyileştirici	3,368 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	1,20 <sup>b</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	14,66 <sup>a</sup>	37,78 <sup>a</sup>	8,32 <sup>a</sup>	3,74 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	249,44 <sup>a</sup>
Koruyucu	K	2,38 <sup>d*</sup>	0,24 <sup>b*</sup>	1,01 <sup>c*</sup>	1,18 <sup>b*</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>b*</sup>	5,74 <sup>e*</sup>	18,39 <sup>e*</sup>	0,28 <sup>d*</sup>	1,06 <sup>d*</sup>	0,15 <sup>e*</sup>	182,68 <sup>bc*</sup>
	F	3,63 <sup>c</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	1,14 <sup>bc</sup>	1,24 <sup>ab</sup>	0,08	0,09 <sup>cd</sup>	10,88 <sup>cd</sup>	31,31 <sup>bcd</sup>	5,27 <sup>c</sup>	2,24 <sup>bc</sup>	0,24 <sup>bcd</sup>	147,32 <sup>c</sup>
	T+F	4,13 <sup>bc</sup>	0,36 <sup>ab</sup>	1,35 <sup>bc</sup>	1,51 <sup>ab</sup>	0,11	0,10 <sup>cd</sup>	9,53 <sup>d</sup>	27,46 <sup>c</sup>	5,21 <sup>c</sup>	2,12 <sup>c</sup>	0,35 <sup>a</sup>	212,26 <sup>ab</sup>
	S+F	3,57 <sup>c</sup>	0,41 <sup>ab</sup>	1,55 <sup>ab</sup>	1,62 <sup>ab</sup>	0,12	0,15 <sup>bcd</sup>	11,14 <sup>cd</sup>	28,15 <sup>c</sup>	4,83 <sup>c</sup>	2,44 <sup>bc</sup>	0,22 <sup>cd</sup>	186,41 <sup>bc</sup>
	Ö+F	4,07 <sup>bc</sup>	0,37 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>abc</sup>	1,31 <sup>ab</sup>	0,09	0,20 <sup>bc</sup>	12,46 <sup>abc</sup>	34,75 <sup>ab</sup>	5,50 <sup>c</sup>	3,96 <sup>a</sup>	0,24 <sup>bcd</sup>	172,98 <sup>bc</sup>
	S+Ö+F	4,00 <sup>bc</sup>	0,39 <sup>ab</sup>	1,48 <sup>ab</sup>	1,39 <sup>ab</sup>	0,10	0,22 <sup>bc</sup>	13,12 <sup>ab</sup>	36,35 <sup>a</sup>	6,64 <sup>b</sup>	3,98 <sup>a</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	192,19 <sup>b</sup>
	T+Ö+F	4,25 <sup>abc</sup>	0,46 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	0,13	0,14 <sup>cd</sup>	11,92 <sup>bc</sup>	30,06 <sup>cd</sup>	5,60 <sup>c</sup>	2,71 <sup>bc</sup>	0,18 <sup>de</sup>	174,32 <sup>bc</sup>
	T+S+F	4,96 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	1,56 <sup>ab</sup>	1,36 <sup>ab</sup>	0,09	0,26 <sup>ab</sup>	13,91 <sup>a</sup>	33,62 <sup>abc</sup>	8,27 <sup>a</sup>	3,03 <sup>b</sup>	0,25 <sup>bc</sup>	198,29 <sup>ab</sup>
T+S+Ö+F	4,73 <sup>ab</sup>	0,46 <sup>a</sup>	1,41 <sup>abc</sup>	1,20 <sup>b</sup>	0,13	0,34 <sup>a</sup>	12,63 <sup>abc</sup>	34,24 <sup>abc</sup>	8,97 <sup>a</sup>	2,45 <sup>bc</sup>	0,32 <sup>a</sup>	235,35 <sup>a</sup>	
İyileştirici	K	2,38 <sup>e*</sup>	0,24 <sup>b</sup>	1,01 <sup>b</sup>	1,18 <sup>a</sup>	0,09 <sup>c</sup>	0,07 <sup>c</sup>	5,74 <sup>d</sup>	18,39 <sup>e</sup>	0,28 <sup>e</sup>	1,06 <sup>f</sup>	0,15 <sup>e</sup>	182,68 <sup>f</sup>
	F	3,63 <sup>bc</sup>	0,29 <sup>a</sup>	1,14 <sup>ab</sup>	1,24 <sup>a</sup>	0,08 <sup>c</sup>	0,09 <sup>ab</sup>	10,88 <sup>c</sup>	31,31 <sup>e</sup>	5,27 <sup>d</sup>	2,24 <sup>e</sup>	0,24 <sup>d</sup>	147,32 <sup>e</sup>
	F+T	8,24 <sup>a</sup>	0,2 <sup>0cd</sup>	1,32 <sup>a</sup>	0,65 <sup>c</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	17,33 <sup>b</sup>	46,72 <sup>b</sup>	11,35 <sup>b</sup>	5,14 <sup>b</sup>	0,38 <sup>ab</sup>	248,06 <sup>cd</sup>
	F+S	2,77 <sup>de</sup>	0,17 <sup>d</sup>	1,18 <sup>ab</sup>	0,59 <sup>c</sup>	0,14 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>ab</sup>	12,20 <sup>c</sup>	33,06 <sup>e</sup>	7,35 <sup>c</sup>	2,72 <sup>de</sup>	0,33 <sup>bc</sup>	226,23 <sup>d</sup>
	F+Ö	2,70 <sup>de</sup>	0,17 <sup>d</sup>	1,25 <sup>a</sup>	0,61 <sup>c</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	0,10 <sup>ab</sup>	15,68 <sup>b</sup>	42,29 <sup>c</sup>	8,81 <sup>c</sup>	4,90 <sup>b</sup>	0,29 <sup>cd</sup>	253,56 <sup>c</sup>
	F+S+Ö	2,93 <sup>cde</sup>	0,19 <sup>d</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,66 <sup>c</sup>	0,12 <sup>bc</sup>	0,10 <sup>ab</sup>	21,94 <sup>a</sup>	41,82 <sup>c</sup>	13,55 <sup>a</sup>	3,40 <sup>cd</sup>	0,31 <sup>c</sup>	264,35 <sup>bc</sup>
	F+T+Ö	2,74 <sup>de</sup>	0,17 <sup>d</sup>	1,14 <sup>ab</sup>	0,62 <sup>c</sup>	0,12 <sup>bc</sup>	0,10 <sup>ab</sup>	20,55 <sup>a</sup>	63,18 <sup>a</sup>	12,28 <sup>ab</sup>	7,29 <sup>a</sup>	0,28 <sup>cd</sup>	283,48 <sup>b</sup>
	F+T+S	3,43 <sup>cd</sup>	0,18 <sup>d</sup>	1,16 <sup>ab</sup>	0,63 <sup>c</sup>	0,14 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>ab</sup>	15,61 <sup>b</sup>	43,09 <sup>c</sup>	8,58 <sup>c</sup>	3,90 <sup>c</sup>	0,34 <sup>bc</sup>	286,09 <sup>b</sup>
F+T+S+Ö	4,29 <sup>b</sup>	0,22 <sup>bc</sup>	1,31 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	12,03 <sup>c</sup>	37,22 <sup>d</sup>	7,44 <sup>c</sup>	3,05 <sup>cde</sup>	0,41 <sup>a</sup>	353,24 <sup>a</sup>	
Önem seviyesi	UY	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	T	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	UY x T	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

önemli farklılıkları temsil eder (LSD Student't testi, p < 0.01). Nitrojen:N, manganez:Mn, çinko:Zn, kükürt:S, kalsiyum:Ca, potasyum:K, demir:Fe, bor: B, sodyum:Na, fosfor:P, magnezyum:Mg, bakır:Cu, kontrol:K, fungus:F, timol:T, ögenol:Ö, 1,8-sineol:S, Timol+Fungus:T+F, Sineol+Fungus:S+F, Ögenol+Fungus:Ö+F, Sineol+Ögenol+Fungus:S+Ö+F, Timol+Ögenol+Fungus:T+Ö+F, Timol+Sineol+Fungus:T+S+F, Timol+Sineol+Ögenol+Fungus:T+S+Ö+F, Fungus+Timol:F+T, Fungus+Sineol:F+S, Fungus+Ögenol:F+Ö, Fungus+Sineol+Ögenol:F+S+Ö, Fungus+Timol+Ögenol:F+T+Ö, Fungus+Timol+Sineol:F+T+S, Fungus+Timol+Sineol+Ögenol:F+T+S+Ö.



## SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmamızda *B. cinerea* ve *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının elmada hasat sonrası besin elementi içeriği üzerine olumlu etkilerinin olduğu gözlenmiştir. Çalışmada tüm uygulamaların kontrol grubuna göre besin elementleri içeriğine olumlu etki yaparak meyve kalitesini koruduğu gözlemlenmiştir. Öte yandan, mevcut çalışmanın sonuçları, fitotoksik olmayan UY'ların antifungal gücünün, elma meyvelerine uygulanan sentetik bileşiklerin yerine kullanılabileceğini kanıtlamaktadır. Bu nedenle, bu UY'ları, *B. cinerea*'nın neden olduğu "kurşuni küf" kontrol etmek için yeni bir alternatif olduğu görülmektedir. Yapılan bu araştırmada hasat sonrası "Golden Delicious" elma çeşidinde *B. cinerea*'ya karşı koruyucu ve iyileştirici olarak besin elementlerinin içeriği üzerine uçucu yağların bireysel ve kombinasyonlarının etkilerinin tespit edilmesi araştırmanın özgün değerini ortaya koymuştur. Ancak uçucu yağların farklı etkinliklerinin ortaya konması için gelecek araştırmalarda daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalara kaynak oluşturması açısından da araştırmanın önem arz ettiği düşünülmektedir.

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

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

## KAYNAKLAR

- AOAC. 2005. Official Method Analysis 975.03. Metals in Plants and Pets Food Atomic Absorption Spectrophotometric Method. Available online: <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2783175> (accessed on 10 January 2022).
- Banani, H., Olivieri, L., Santoro, K., Garibaldi, A., Lodovica Gullino, M. ve Spadaro, D. 2018. Thyme and Savory Essential Oil Efficacy and Induction of Resistance against *Botrytis cinerea* through Priming of Defense Responses in Apple. *Foods*, 7:11.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Canpolat, M. ve Sahin, F. 2005. Sera ve Farklı Tarla Koşullarında Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakterilerin Bitki Gelişimi ve Toprak Özelliklerine Etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, Antalya, Cilt-1 s. 45-50.
- Çimrin, K.M., Bozkurt, M.A. ve Akıncı, İ.E. 2000. Azot ve fosforun biberin (*Capsicum annuum* L.) meyve ve yaprak besin elementi içeriğine etkisi. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3 (2):174-181.
- Datnoff, L.E., Elmer, W.H. ve Huber, D.M., 2007. Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. s.278. ISBN: 978-0-89054-346-7.
- Deniel, F., Renault, D., Tirilly, Y., Barbier, G. Ve Rey, P. 2006. A dynamic biofilter to remove pathogens during tomato soilless culture. *Agron. Sustain. Dev.*, 26:185-193.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. ve Okon, Y. 2003. Plant Growth-Promoting Effects of Diazotrophs in the Rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (2):107-149.
- Droby S., Wisniewski M., El Ghaouth A. ve Wilson C. 2003. Influence of food additives on the control of postharvest rots of apple and peach and efficacy of the yeast-based biocontrol product Aspire. *Postharvest Biology and Technology*, 27 (2):127-135.
- Ekbiç E., Fidan H. ve Eker S. 2017. Hıyar mozaik virüsünün (CMV) hıyarda bitki besin elementi içeriğine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi* 6: 263-268.
- El Ouadi, Y., Manssouri, M., Bouyanzer, A., Majidi, L., Bendaif, H., Elmsellem, H., Shariati, M.A., Melhaoui, A. ve Hammouti, B. 2017. Essential oil composition and antifungal activity of *Melissa officinalis* originating from north-Est Morocco, against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Microb. Pathog.*, 107, 321-326.
- Grahovac J., Mitrović I., Dodić J., Grahovac M., Rončević Z., Dodić S. ve Jokić A. 2020. Biocontrol agent for apple *Fusarium* rot: optimization of production by *Streptomyces hygroscopicus*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107 (3): 263-270. DOI 10.13080/z-a.2020.107.034
- Hossain, F., Follett, P., Vu, K.D., Harich, M., Salmieri, S. ve Lacroix, M. 2016. Evidence for synergistic activity of plant-derived essential oils against fungal pathogens of food. *Food Microbiol.*, 53:24-30. Doi:10.1016/j.fm.2015.08.006
- Janisiewicz, W. J. ve Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review of Phytopathology*, 40: 411e441.

- Karakuş S., Ökçeş A., Köse C. ve Aydın İ. 2021. *Nepeta meyeri* essential oil ameliorates fungal infection and the antioxidant response in grapevines (*Vitis vinifera*) infections by grey mold (*Botrytis cinerea*). *Acta Physiologiae Plantarum*, 43:151. doi.org/10.1007/s11738-021-03320-3
- Karakuş, S. 2023a. Determination of *In Vitro* and *In Vivo* Effects of Some Essential Oils Against *Botrytis cinerea* in Post-Harvest Apple Fruits. 4. International Anatolian Congress on Multidisciplinary Scientific Research held on February 17-20, Kars, Türkiye.
- Karakuş, S. 2023b. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in Postharvest Apples by Essential Oil Combinations. Avrasya 7th International Conference on Applied Sciences March10-12, Budapest.
- Khan, A.G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *J Trace Elements Med Biol.*, 18: 355–364.
- Lee, S.O., Choi, G.J., Jang, K.S., Lim, H.K., Cho, K.Y. ve Kim, J.-C. 2007. Antifungal activity of five plant essential oils as fumigant against post-harvest and soilborne plant pathogenic fungi. *Plant Pathol. J.*, 23: 97-102.
- Mbili, N.C., Opara, U.L., Lennox, C.L. ve Vries, F.A. 2017. Citrus and lemongrass essential oils inhibit *Botrytis cinerea* on 'Golden Delicious', 'Pink Lady' and 'Granny Smith' apples. *J. Plant Dis. Prot.*, 124: 499-511.
- Oli, N., Singh, U.K. ve Jha, S.K. 2019. Antifungal Activity of Plant's Essential Oils against Post Harvest Fungal Disease of Apple Fruit. *For. J. Inst. For.* 16: 86-100.
- Pedrotti, C., da Silva Ribeiro, R.T., ve Schwambach, J. 2019. Control of postharvest fungal rots in grapes through the use of *Baccharis trimera* and *Baccharis dracunculifolia* essential oils. *Crop Prot.*, 125: 1-7. Doi:10.1016/j.cropro.2019.104912
- Puente, M.E., Bashan, Y., Li, C.Y. ve Lebsky, V.K., 2004. Microbial populations and activities in the rhizosphere of rock-weathering desert plants. I. Root colonization and weathering of igneous rocks. *Plant Biol.*, 6: 629-42.
- Santoro, K., Meghzenani, M., Chiabrande, V., Bosio, P., Gullino, M.L., Spadaro, D. ve Giacalone, G. 2018. Thyme and savory essential oil vapor treatments control brown rot and improve the storage quality of peaches and nectarines but could favor gray mold. *Foods*, 7: 7.
- Šernaitė, L., Rasiukevičiūtė, N. ve Valiūškaitė, A. 2020. Application of plant extracts to control postharvest gray mold and susceptibility of apple fruits to *B. cinerea* from different plant hosts. *Foods*, 9: 1430.
- Seymen, M., Türkmen, Ö., Dursun, A., Dönmez, M.F. ve Paksoy, M. 2010. Effects of Bacterium Inoculation on Yield and Yield Component Cucumber (*Cucumis sativus*). *Bulletin UASVM Horticulture*, 67 (1): 274-277.
- Singh K. A. ve Chhatpar H. S. 2011. Combined use of *Streptomyces* sp. A6 and chemical fungicides against *Fusarium* wilt of *Cajanus cajan* may reduce the dosage of fungicides required in the field. *Crop Protection*, 30 (7): 770-775. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.03.015>
- Soković, M.D., Vukojević, J., Marin, P.D., Brkić, D.D., Vajs, V. ve Van Griensven, L.J. 2009. Chemical composition of essential oils of thymus and mentha species and their antifungal activities. *Molecules*, 14: 238-249.
- Uçgun K., Gezgin S., Akgül H., Atasay A., Harmankaya M., Altındal M., İlban B. ve Cansu M., Seymen T. 2015. Elma Ağaçlarında Besin Elementlerinin Dönemsel Değişimi ve Bu Değişimlerin Sebeplerinin İncelenmesi. *Fruit Science*, 1 (2): 30-37. 2148-0036
- Valero, M. ve Giner, M. J. 2006. Effects of antimicrobial components of essential oils on growth of *Bacillus cereus* INRA L2104 in and the sensory qualities of carrot broth. *International Journal of Food Microbiology*, 106 (1): 90e94.
- Xylia, P., Chrysargyris, A., Ahmed, Z.F.R. ve Tzortzakis, N. 2021. Application of Rosemary and Eucalyptus Essential Oils and Their Main Component on the Preservation of Apple and Pear Fruits. *Horticulturae*, 7: 479.
- Zhao, Y., ve Wang, C. 2015. Effect of Calcium Chloride in Combination with Salicylic Acid on Post-harvest Freshness of Apples. *Food Sci. Biotechnol.*, 24 (3):1139-1146. Doi: 10.1007/s10068-015-0145-5
- Zhao S., Guo Y., Wang Q. ve An B. 2021. Antifungal effects of lycorine on *Botrytis cinerea* and possible mechanisms. *Biotechnol Lett.*, 43: 1503-1512 <https://doi.org/10.1007/s10529-021-03128-8>

## Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidinde Kademeli Taç Yönetimi Uygulamalarının Omca Mikroklimasına Etkilerinin Belirlenmesi

Esra ŞAHİN , Alper DARDENİZ\* , Harun ÇOBAN , Çağlar KAYA 

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

\*Sorumlu Yazar: [adardeniz@comu.edu.tr](mailto:adardeniz@comu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 09.03.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 18.04.2023 Kabul Tarihi: 29.05.2023

### ÖZ

Bu araştırma, 'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi'nde yer alan 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Uygulama ve Araştırma Bağ'ında, 2019 ve 2021 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada, 'Yalova İncisi' üzüm çeşidinde kademeli taç yönetimi uygulamalarının omca mikroklimasına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Omcaların taç yönetimi uygulamalarından önceki ilk durumları kontrol (KNT) uygulamasını oluşturmuştur. Bunun ardından aynı omcalar üzerinde kademeli taç yönetimi uygulamaları EL-17 fenolojik evresinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; aynı omcalarda sırasıyla obur sürgünlerin alınması (OSA), alt dip yapraklar ile alt koltukların alınması (ADYA+AKA) ve üst koltuklar ile sürgün uçlarının alınması (ÜKA+SUA) uygulamaları yapılmıştır. Kademeli taç yönetimi uygulamalarının omca taç içi ve taç dışı mikroklimasına etkileri bakımından sıcaklık (°C), oransal nem (%), ışık miktarı (Lux) ve rüzgâr hızı ( $m\ sn^{-1}$ ) parametreleri incelenmiştir. Bütün uygulama ve ölçümler günün 11:00–15:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. İki yıllık araştırma bulgularına göre; sıcaklık değerleri bakımından taç içi ve taç dışında uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiş, ancak kontrolden taç yönetimi kademesine doğru rakamsal artışlar belirlenmiştir. Oransal nem değerleri açısından da taç içi ve taç dışında istatistiki olarak önemli bir farklılık saptanmamış, ancak kontrolden taç yönetimi kademesine doğru düzenli rakamsal azalışlar kaydedilmiştir. Işık miktarı bakımından taç dışında uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilemezken, taç içinde en yüksek ışık miktarına ulaşılan uygulama ÜKA+SUA (7541 Lux) uygulaması olmuştur. Omcalarda taç yönetimi uygulamalarının kademeli olarak gerçekleştirilmesiyle, taç içindeki ışık miktarında önemli düzenli artışlar meydana gelmiştir. Taç içindeki en düşük rüzgâr hızı KNT'de ( $1.39\ m\ sn^{-1}$ ), en yüksek rüzgâr hızı sırasıyla ÜKA+SUA ( $1.89\ m\ sn^{-1}$ ) ve ADYA+AKA ( $1.83\ m\ sn^{-1}$ ) uygulamalarında belirlenmiş, taç yönetimi uygulamalarının kademesine göre etkileri taç dışı mikroklimasına da rakamsal olarak olumlu yönde yansımıştır.

**Anahtar kelimeler:** Taç dışı mikroklima, taç içi mikroklima, taç yönetimi, Yalova İncisi.

### Determination of the Effects of Gradual Canopy Management Applications on Grapevine Microclimate in Yalova Incisi (*Vitis vinifera* L.) Grape Variety

#### ABSTRACT

This research was carried out in the 'Table Grape Varieties Application and Research Vineyard' in the 'Plant Production Research and Application Unit of COMU Dardanos Campus, Faculty of Agriculture', in 2019 and 2021. In the research, it was aimed to determine the effects of gradual canopy management applications on grapevine microclimate in 'Yalova Incisi' grape variety. The first situations of grapevine before the canopy management applications constituted the control (CNT) application. After that, gradual canopy management applications on the same grapevines were carried out at the EL-17 phenological stage. In this context; removal of water sprouts (RWS), removal of lower bottom leaves and lower axillary shoots (RLBL+RLAS) and removal of upper axillary shoots and topping (RUAS+TP) were performed on the same

grapevines, respectively. Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), relative humidity (%), amount of light (Lux) and wind speed ( $\text{m sec}^{-1}$ ) parameters were investigated in terms of the effects of gradual canopy management applications on the microclimate inside and outside the canopy of the grapevine. All applications and measurements were carried out between 11:00 and 15:00 of the day. According to the two-year research findings; in terms of temperature values, no significant difference was detected between the applications inside and outside the canopy, but numerical increases were determined from control to gradual canopy management. In terms of relative humidity values, no significant difference was detected inside and outside the canopy, but regular numerical decreases were recorded from control to gradual canopy management. While no significant difference could be detected between the applications outside the canopy in terms of the amount of light, the application of RUAS+TP (7541 Lux) reached the highest amount of light inside the canopy. With the gradual implementation of canopy management practices in grapevines, significant regular increases in the amount of light inside the canopy have occurred. The lowest wind speed in the canopy was determined in CNT ( $1.39 \text{ m sec}^{-1}$ ), the highest wind speed was determined in RUAS+TP ( $1.89 \text{ m sec}^{-1}$ ) and RLBL+RLAS ( $1.83 \text{ m sec}^{-1}$ ) applications, respectively. The effects of canopy management practices according to the gradual were also reflected numerically on the microclimate outside the canopy.

**Key words:** Microclimate of outside the canopy, microclimate of inside the canopy, canopy management, Yalova incisi.

## GİRİŞ

Meteorolojik veriler, literatürde üzüm kalitesinin tanımlanmasında önemli bir faktör olarak kabul edildiğinden, bağların karakterizasyonu için önemli bir araç olabilmektedir. Ayrıca yıllar arası iklim değişikliği, üretimin nicel ve nitel istikrarını ve her bir hasadın ticari başarısını da etkilemektedir (Fregoni ve ark., 2002). Bağcılıkta meteorolojik veriler ile ürün gelişimi arasında ilişki kurularak, üretim potansiyelini temsil edebilecek farklı indeksler oluşturulmuştur. Bağcılıkta üzüm kalitesinin artırabilmesi ve taç yönetimi uygulamalarının etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla, meteorolojik veriler ile üzüm olgunluk parametreleri arasındaki ilişki durumunu değerlendirebilen bilgilendirici araçlar ön plana çıkmaktadır (Matese ve ark., 2014). Bu kapsamda, üzüm kalitesinin belirlenmesinde en çok kullanılan meteorolojik veriler ışık yoğunluğu ve sıcaklıktır (Haselgrove ve ark., 2000; Spayd ve ark., 2002).

Bağcılıkta omcaların büyüme ve gelişimleri için optimum sıcaklık aralığı da dahil olmak üzere, yapılan farklı uygulamaların sıcaklığa olan etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çeşitli araştırmalarda (Schultz, 1992; Ferrini ve ark., 1995; Keller, 2015; Camargo ve ark., 2019), hava sıcaklığının sadece verimi değil aynı zamanda üzüm kalitesi ile biyokimyasal özellikleri de etkilediği vurgulanmaktadır (Jackson ve Lombard, 1993; Spayd ve ark., 2002; Molitor ve Keller, 2016). Bağcılıkta mevcut meteoroloji istasyonlarından alınan verilerin kullanımı yaygın bir yöntem olsa da, omca taç içi mikroklima özelliklerini bütünüyle yansıtmamaktadır.

Omca taç içi mikrokliması sıra yönü, sıra arası-sıra üzeri mesafesi, kış budaması (ürün yükü), farklı taç yönetimi uygulamaları ile gölgeleme materyalleri gibi birçok faktör tarafından etkilenebilmektedir. Bağcılıkta obur sürgün alma, yaprak alma, koltuk alma, uç-tepe alma gibi uygulamalar ile bunların kombineli uygulamaları, yaygın şekilde kullanılan taç yönetimi uygulamalarındandır. Bu uygulamalar omca taç içi mikroklima özelliklerinden olan sıcaklık, nem, ışık yoğunluğu ve rüzgâr hızı gibi koşulları değiştirerek (Bogicevic ve ark., 2015; Blancquaert ve ark., 2019; Wang ve ark., 2019), şekerler, organik asitler, sekonder metabolitler gibi önemli üzüm olgunluk parametrelerini doğrudan etkileyebilmektedir (Spayd ve ark., 2002; Gregan ve ark. 2012; Pastore ve ark., 2013; Song ve ark., 2015; Martínez-Lüscher ve ark., 2019; Torres ve ark., 2020).

Omcalarda yaprak alma, koltuk sürgünü alma, uç-tepe alma uygulamalarının gerçekleştirilmesi, salkım bölgesindeki sıcaklık ve ışık yoğunluğunu arttırabilmekte ve oransal nem düzeyine etki ederek hastalık-zararlı popülasyonlarını da düşürebilmektedir. Omca taç içi ışık yoğunluğunun yükselmesinin fizyolojik aktivitelerde, yazlık sürgün gelişiminde, tane oluşumunda ve tane kalitesinde önemli etkileri bulunmaktadır (Crippen ve Morrison, 1986; Reynolds ve ark., 1986; Rojas-Lara ve Morrison, 1989; Schubert ve ark., 1996; Haselgrove ve ark., 2000; Bertamini ve Nedunchezian, 2003; Spayd ve ark., 2011; Profio ve ark., 2011). Yaşlı ve fotosentetik aktivitesi düşük yapraklar ile daha genç ve fotosentetik aktivitesi daha yüksek olan yaprak oranının dengelenerek taç içi mikroklima koşullarının iyileştirilmesiyle, üzümde polifenolik ve aromatik bileşiklerin konsantrasyonları da artış gösterebilmektedir (Candar ve ark., 2019).

Taç yönetimi uygulamaları vejetasyon döneminin özelliklerine uygun bir şekilde yapılmadığı takdirde, üretim merkezi-tüketim merkezi (havuz-kaynak) dengesinde bozulmalar görülebilmektedir. Salkımların güneş ışığına doğrudan maruz kalmaları da, üzüm tanelerinin yüksek sıcaklıklardan zarar görerek kimyasal yapılarının bozulmasına neden olmaktadır. Aşırı yüksek sıcaklık ( $>35^{\circ}\text{C}$ ) ve aşırı ışık yoğunluğuna sahip taç içi mikrokliması

üzümlerde olgunlaşmayı geciktirebilmekte, asitlik ile birlikte sekonder metabolitlerden özellikle fenolik bileşiklerin sentezini azaltabilmektedir (Spayd ve ark., 2002). Buradan anlaşılacağı üzere, taç yönetimi uygulamalarının taç içi mikroklima özellikleri ile üzümün biyokimyasal özellikleri üzerinde son derece önemli etkileri bulunmaktadır.

Bu araştırma, 'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi'nde yer alan 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Uygulama ve Araştırma Bağı'nda, Yalova İncisi üzüm çeşidinde kademeli taç yönetimi uygulamalarının omca mikroklimasına etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL ve METOT

'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi'nde yer alan 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Uygulama ve Araştırma Bağı'nda, 2019 ve 2021 yıllarında yürütülen bu çalışmada, Yalova İncisi üzüm çeşidinde kademeli taç yönetimi uygulamalarının omca mikroklimasına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 2020 yılında iklimsel nedenlerden dolayı veri elde edilememiştir.

Omcalarda yapılan kademeli taç yönetimi uygulamaları, her iki araştırma yılında da tane tutumunun hemen öncesine denk gelen EL–17 fenolojik evresinde gerçekleştirilmiştir. KNT (Kontrol); omcaların taç yönetimi uygulamalarından önceki ilk durumlarını oluşturmaktadır. KNT değerlerinin belirlenmesinin ardından aynı omca üzerinde OSA (Obur sürgünlerin alınması), ADYA+AKA (Alt dip yapraklar+alt koltukların alınması) ve ÜKA+SUA (Üst koltuklar+sürgün uçlarının alınması) şeklindeki kademeli taç yönetimi uygulamaları sırasıyla gerçekleştirilmiştir. OSA uygulaması; omcalardaki gençleştirme için kullanılması planlanmayan gereksiz obur sürgünlerin en dipten alınmasıdır. ADYA+AKA uygulaması; omca üzerindeki yazlık sürgünlerde iki adet dip yaprak ile salkım seviyesi ve altındaki alt koltukların tamamının alınmasıdır. ÜKA+SUA uygulaması; omca üzerindeki bütün yazlık sürgünlerde salkım seviyesinin üzerinde bulunan üst koltukların dipte 1–2 yaprak bırakılarak alınması ve aynı sürgünlerde ikinci seviye sürgün bağlama tellerinin 10–15 cm üzerinden uç almanın yapılmasıdır.

Omcalarda kademeli taç yönetimi uygulamalarının gerçekleştirilmesinin ardından omca taç içi ve taç dışı mikroklimasını belirlemek amacıyla sıcaklık (°C), oransal nem (%), ışık miktarı (Lux) ve rüzgâr hızı ( $m\ sn^{-1}$ ) ölçümleri yapılmıştır. Taç içi mikroklima ölçümleri; omcaların orta noktalarından ve yatırma teli ile birinci seviye sürgün bağlama tellerinin arasına denk gelen salkım seviyesinden, taç dışı mikroklima ölçümleri ise; omcaların orta noktalarından 1.50 m uzaktaki sıra arası ortasından gerçekleştirilmiştir. Yapılan bütün kademeli taç yönetimi uygulamaları ile mikroklima ölçümleri, omcaların fizyolojik aktivitelerinin en yüksek olduğu 11:00–15:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ve oransal nem; Benetech marka BGM–1361 model, ışık miktarı; Lutron marka LX1128SD model ve rüzgâr hızı ise; Benetech marka GM8901 model cihazlar yardımıyla ölçülmüştür.

Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 9 tekerrürlü ve her tekerrürde 1'er omca olacak şekilde planlanmıştır. Elde edilen bulgular SAS 9.1.3. istatistik paket programıyla varyans analizi ile belirlenmiştir. İncelenen parametrelerde uygulamalar arasındaki farklılık LSD çoklu karşılaştırma testiyle  $p<0.05$  düzeyinde ortaya konulmuştur.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi'nde yer alan 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Uygulama ve Araştırma Bağı'nda, Yalova İncisi üzüm çeşidi üzerinde 2019 ve 2021 yıllarında yürütülen bu çalışmanın, omca taç içi–taç dışı sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) bulguları Çizelge 1.'de, ışık miktarı (Lux) ve rüzgâr hızı ( $m\ sn^{-1}$ ) bulguları ise Çizelge 2.'de verilmiştir.

Omca taç içi ve taç dışı sıcaklık değerleri bakımından, kademeli taç yönetimi uygulamaları arasında istatistiki olarak bir farklılık tespit edilmemiş, ancak kontrolden taç yönetimi kademesine doğru rakamsal artışlar belirlenmiştir. Sıcaklık değerlerindeki bu artışlar taç içinde OSA (31.44°C), KNT (31.56°C), ADYA+AKA (31.66°C) ve ÜKA+SUA (31.71°C), taç dışında KNT (31.29°C), OSA (31.32°C), ÜKA+SUA (31.70°C) ve ADYA+AKA (31.78°C) uygulamaları şeklinde saptanmıştır. Taç içi sıcaklığı 31.44°C ile 31.71°C değerleri arasında, taç dışı sıcaklığı ise 31.29°C ile 31.78°C değerleri arasında seyretmiştir. Uygulamalara ait taç içi sıcaklık ortalaması 31.59°C, taç dışı sıcaklık ortalaması ise 31.52°C olup, aralarında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 1).

Taç içi ve taç dışı oransal nem değerleri bakımından, farklı taç yönetimi uygulamaları arasında istatistiki önemde bir farklılık saptanmamış, ancak kontrolden taç yönetimi kademesine doğru düzenli rakamsal azalışlar belirlenmiştir. Taç içinde KNT, OSA, ADYA+AKA ve ÜKA+SUA uygulamalarında sırasıyla %45.67, %45.19, %44.71 ve %44.28; taç dışında ise sırasıyla %45.18, %44.45, %43.72 ve %43.50 oransal nem değerleri tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Yalova İncisi üzüm çeşidinde taç içi–taç dışı sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) değerleri.

Uygulamalar	Sıcaklık (°C)						Oransal nem (%)					
	Taç içi			Taç dışı			Taç içi			Taç dışı		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
KNT	29.25	33.87	31.56	29.12	33.46	31.29	47.50	43.84	45.67	46.94	43.43 a	45.18
OSA	29.25	33.63	31.44	29.25	33.38	31.32	46.30	44.09	45.19	45.62	43.29 a	44.45
ADYA+AKA	29.37	33.94	31.66	29.54	34.01	31.78	46.12	43.31	44.71	45.11	42.32 ab	43.72
ÜKA+SUA	29.30	34.12	31.71	29.35	34.05	31.70	46.01	42.54	44.28	45.43	41.57 b	43.50
LSD (0.05)	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	1.391	ÖD
Ortalama	29.29	33.89	31.59*	29.32	33.72	31.52*	46.48	43.44	44.96*	45.78	42.65	44.22*
LSD (0.05)*	ÖD						ÖD					

ÖD: Önemli değil.

\*Omca taç içi ve taç dışı ortalama değerlerinin LSD önem dereceleri.

KNT: Kontrol; OSA: Obur sürgünlerin alınması; ADYA+AKA: Alt dip yapraklar+alt koltukların alınması; ÜKA+SUA: Üst koltuklar+sürgün uçlarının alınması.

Çizelge 2. Yalova İncisi üzüm çeşidinde taç içi–taç dışı ışık miktarı (Lux) ve rüzgâr hızı (m sn<sup>-1</sup>) değerleri.

Uygulamalar	Işık miktarı (Lux)						Rüzgâr hızı (m sn <sup>-1</sup> )					
	Taç içi			Taç dışı			Taç içi			Taç dışı		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
KNT	8515 b	1850 b	5183 b	97817	85930	91873	1.41	1.38 c	1.39 b	1.78	2.23	2.01
OSA	8301 b	2329 b	5315 b	97773	85378	91575	1.45	1.82 b	1.64 ab	1.90	2.35	2.13
ADYA+AKA	8778 ab	2595 ab	5687 b	98373	85922	92148	1.47	2.18 ab	1.83 a	2.11	2.25	2.18
ÜKA+SUA	11761 a	3322 a	7541 a	98200	86278	92239	1.57	2.21 a	1.89 a	1.99	2.38	2.19
LSD (0.05)	3116.9	786.37	1689.3	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	0.390	0.360	ÖD	ÖD	ÖD
Ortalama	9339	2524	5932 B*	98041	85877	91959 A*	1.48	1.90	1.69*	1.95	2.30	2.13*
LSD (0.05)*	11175						ÖD					

ÖD: Önemli değil.

\*Omca taç içi ve taç dışı ortalama değerlerinin LSD önem dereceleri.

KNT: Kontrol; OSA: Obur sürgünlerin alınması; ADYA+AKA: Alt dip yapraklar+alt koltukların alınması; ÜKA+SUA: Üst koltuklar+sürgün uçlarının alınması.

Uygulamalara ait taç içi oransal nem ortalaması %44.96, taç dışı oransal nem ortalaması ise %44.22 olup, aralarında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 1).

Taç içi ışık miktarına bakıldığında uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiş olup, en yüksek ışık miktarı ÜKA+SUA uygulamasından (7541 Lux) elde edilirken, bu değeri sırasıyla diğer bir istatistik grupta yer alan ADYA+AKA (5687 Lux), OSA (5315 Lux) ve KNT (5183 Lux) uygulamaları izlemiştir. Bu bulgulara göre; omcalarda kademeli taç yönetimi uygulamalarının gerçekleştirilmesiyle taç içindeki ışık miktarında düzenli ve önemli artışlar meydana geldiği belirlenmiştir. Taç dışı ışık miktarına bakıldığında uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık tespit edilmemiş olup, kademeli taç yönetimi uygulamalarının gerçekleştirilmesiyle ışık miktarında rakamsal artışlar meydana gelmiştir. Işık miktarı değerlerindeki bu artışlar taç içinde KNT (5183 Lux), OSA (5315 Lux), ADYA+AKA (5687 Lux) ve ÜKA+SUA (7541 Lux), taç dışında OSA (91575 Lux), KNT (91873 Lux), ADYA+AKA (92148 Lux) ve ÜKA+SUA (92239 Lux) olarak saptanmıştır. Taç dışı ışık miktarı değerleri 91575 Lux ile 92239 Lux arasında değişkenlik göstermiştir. Uygulamalara ait taç içi ışık miktarı ortalaması (5932 Lux) ile taç dışı ışık miktarı ortalaması (91959 Lux) arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

Taç içi rüzgâr hızı açısından incelendiğinde; uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiş olup, en yüksek rüzgâr hızı sırasıyla ÜKA+SUA ( $1.89 \text{ m sn}^{-1}$ ) ve ADYA+AKA ( $1.83 \text{ m sn}^{-1}$ ) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük rüzgâr hızı KNT'den ( $1.39 \text{ m sn}^{-1}$ ) ölçülmüş, OSA ( $1.64 \text{ m sn}^{-1}$ ) uygulaması ise ara grubu oluşturmuştur. Kademeli taç yönetimi uygulamalarının gerçekleştirilmesiyle, omca taç içi rüzgâr hızında düzenli ve önemli artışlar meydana gelmiştir. Taç dışı rüzgâr hızında uygulamalar arasında istatistiki bakımdan önemli bir farklılık tespit edilmezken, kademeli taç yönetimi uygulamalarının yerine getirilmesiyle birlikte taç dışındaki rüzgâr hızında da düzenli rakamsal artışlar görülmüştür. Taç dışı rüzgâr hızı değerlerindeki bu artışlar KNT ( $2.01 \text{ m sn}^{-1}$ ), OSA ( $2.13 \text{ m sn}^{-1}$ ), ADYA+AKA ( $2.18 \text{ m sn}^{-1}$ ) ve ÜKA+SUA ( $2.19 \text{ m sn}^{-1}$ ) olarak saptanmıştır. Taç dışı rüzgâr hızı değerleri  $2.01 \text{ m sn}^{-1}$  ile  $2.19 \text{ m sn}^{-1}$  arasında değişmiştir. Uygulamalara ait taç içi rüzgâr hızı ortalaması  $1.69 \text{ m sn}^{-1}$ , taç dışı rüzgâr hızı ortalaması ise  $2.13 \text{ m sn}^{-1}$  olmuştur (Çizelge 2).

Ozden (2014)'in yürütmüş olduğu bir çalışmada, Şiraz üzüm çeşidi omcalarında direkt güneş ışığına maruz bırakma, kontrol, %40 ve %60 gölgeleme uygulamaları gerçekleştirilerek, taç içi mikroklima değişiklikleri izlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; direkt güneş ışığına maruz bırakılan omcaların sıcaklık değerleri kontrol, %40 gölgelenen ve %60 gölgelenen omcaların taç içi sıcaklık değerlerinden sırasıyla %4.5, %6.8 ve %10 oranlarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Direkt güneş ışığına maruz kalan omcaların taç içi oransal neminin, %60 gölgelenen omcaların taç içi oransal nemine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte direkt güneş ışığına maruz kalan omcaların taç içi ışık miktarının, sırasıyla kontrol, %40 gölgeleme ve %60 gölgeleme uygulamalarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Gölgeleme oranı azaldıkça taç içi sıcaklık ve ışık miktarı değerlerin de artış, oransal nemde azalmalar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu literatür bulgularıyla, elde edilen araştırma sonuçları arasında büyük ölçüde benzerlikler olduğu görülmüştür.

Matese ve ark. (2014)'nin yürütmüş oldukları bir çalışmada, omca taç içi ve taç dışı sıcaklık değerlerinin farklı kış budama tekniklerine bağlı olarak  $0.6^{\circ}\text{C}$  ile  $1.5^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği tespit edilmiş olup, bu literatür bildirilişi elde edilen araştırma sonuçlarını destekler niteliktedir. Friedel ve ark. (2015)'nin yürütmüş oldukları bir çalışmada, yaprak alma uygulanan omcaların taç içi sıcaklık değerlerinde kontrole kıyasla artışlar meydana geldiği bildirilmiştir. Bu literatür bulguları ile elde edilen araştırma sonuçları arasında paralellik söz konusudur.

Candar ve ark. (2019)'nin yürütmüş oldukları bir çalışmada, Merlot üzüm çeşidinde taç yönetimi uygulamalarının şiddeti arttırıldıkça taç içi sıcaklığının da artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu literatür bulgularıyla, Yalova İncisi üzüm çeşidinden elde edilen sonuçlar arasında benzerlik olduğu saptanmıştır. Peña Quiñones ve ark. (2020)'nin yürütmüş oldukları bir çalışmada, Chardonnay üzüm çeşidinde omca taç içi ile standart meteoroloji istasyonu sıcaklık verileri kıyaslanmıştır. Taç içi sıcaklık değerinin meteoroloji istasyonundan elde edilen sıcaklık verilerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yürütülen araştırma bulgularına göre kontrol uygulamasının taç içi ( $31.56^{\circ}\text{C}$ ) ve taç dışı ( $31.29^{\circ}\text{C}$ ) sıcaklık değeri arasında yaklaşık  $0.30^{\circ}\text{C}$ 'lik bir farklılığın olduğu saptanarak, elde edilmiş bulguların mevcut literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Anić ve ark. (2021)'nin Merlot üzüm çeşidinin taç mikrokliması üzerinde yürütmüş oldukları bir çalışmada, kontrole kıyasla yaprak alma yapılmış omcaların taç içi sıcaklık değerlerinin arttığı ve oransal nem değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Taç içindeki hava sirkülasyonunun (rüzgâr hızı) artışıyla birlikte oransal nemin azaldığı yönündeki literatür bulguları, elde edilen araştırma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Torres ve ark. (2021), Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde yaprak alma, sürgün seyreltme ve yaprak alma+sürgün seyreltme uygulamalarının taç içi mikrokliması üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, taç yönetimi yapılan omcaların taç içi sıcaklık değerleri ve ışık yoğunluklarının kontrole kıyasla yükseldiğini ifade etmişlerdir. Bu bulgular, elde edilen araştırma sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi'nde yer alan 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Uygulama ve Araştırma Bağ'ında, 2019 ve 2021 yıllarında yürütülen bu araştırmada, Yalova İncisi üzüm çeşidinde kademeli taç yönetimi uygulamalarının omca mikroklimasına etkileri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Omca taç içi ve taç dışı sıcaklık değerlerinin kontrolden taç yönetimi kademesine doğru rakamsal olarak arttığı, oransal nemin de düzenli şekilde rakamsal olarak azaldığı belirlenmiştir.
2. Omcalardaki kademeli taç yönetimi uygulamalarında yaprak yoğunluğunun azaltılmasına bağlı olarak ışık miktarında düzenli artışların meydana geldiği saptanmıştır.
3. Omca taç içinde rüzgâr hızı artışı bakımından ÜKA+SUA ile ADYA+AKA uygulamaları dikkati çekmekte olup, kademeli taç yönetimi uygulamalarındaki taç içi rüzgâr hızı değişiminin, taç dışı rüzgâr hızına da olumlu yönde etkide bulunduğu tespit edilmiştir.
4. Yalova İncisi üzüm çeşidinde yürütülen taç yönetimi uygulamalarının kademesi arttırıldıkça omca taç içi ve taç dışı sıcaklık, ışık miktarı ve rüzgâr hızı değerleri yükselmiş, sadece oransal nem değeri düşüş göstererek, omca taç içi ve taç dışı mikroklimasında değişimler söz konusu olmuştur.

Bu bulguların ışığında; farklı taç yönetimi uygulamalarının taç içi ve taç dışı mikroklimasına etki ederek tane tutumu, tane gelişimi, tane olgunluğu, sekonder metabolitler ile aroma biyosentezi ve hastalık–zararlı yönetimini etkileyebileceği düşünüldüğünden, planlanacak olan çalışmalarda bu özelliklerin incelenmesi de mevcut literatüre katkı sağlanması açısından önem taşımaktadır.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Anić, M., Osrečak, M., Andabaka, Ž., Tomaz, I., Večenaj, Ž., Jelić, D., Kozina, B., Kontić J.K. ve Karoglan, M., 2021. The effect of leaf removal on canopy microclimate, vine performance and grape phenolic composition of Merlot (*Vitis vinifera* L.) grapes in the continental part of Croatia. *Scientia Horticulturae*, 285: 110161.
- Blancquaert, E.H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J.M. ve Deloire, A.J., 2019. Grape flavonoid evolution and composition under altered light and temperature conditions in Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Frontiers in Plant Science*, 10: 1062.
- Bogicevic, M., Maras, V., Mugoša, M., Kodžulović, V., Raičević, J., Šučur, S. ve Failla, O., 2015. The effects of early leaf removal and cluster thinning treatments on berry growth and grape composition in cultivars Vranac and Cabernet Sauvignon. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 2 (1): 1–8.
- Camargo, H., Salazar, M., Keller, M. ve Hoogenboom, G., 2019. Modeling the effect of temperature on bud dormancy of grapevines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 280: 107782.
- Candar, S., Korkutal, İ. ve Bahar, E., 2019. Effect of canopy microclimate on Merlot (*Vitis vinifera* L.) grape composition. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6): 15431–15446.
- Ferrini, F., Mattii, G.B. ve Nicese, F.P., 1995. Effect of temperature on key physiological responses of grapevine leaf. *Am. J. Enol. Vitic.*, 46: 375–379.
- Fregoni, M., Biondi Santi, F. ve Pezzato, S., 2002. L'indice bioclimatico di qualità Fregoni applicato al Brunello di Montalcino. *Informatore Agrario*, 22: 53–54.
- Friedel, M., Stoll, M., Patz, C. D., Will, F. ve Dietrich, H., 2015. Impact of light exposure on fruit composition of white'Riesling'grape berries (*Vitis vinifera* L.). *Vitis–Journal of Grapevine Research*, 54 (3): 107–116.
- Gregan, S.M., Wargent, J.J., Liu, L., Shinkle, J., Hofmann, R., Winefield, C., Trought, M. ve Jordan, B., 2012. Effects of solar ultraviolet radiation and canopy manipulation on the biochemical composition of Sauvignon Blanc grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18: 227–238.
- Haselgrove, L., Botting, D., van Heeswijck, R., Hoj, P.B., Dry, P.R., Ford, C. ve Iland, P.G., 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6: 141–149.
- Jackson, D. ve Lombard, P., 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality—a review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44 (4): 409–430.
- Keller, M., 2015. *The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology*. Academic Press, San Diego. 542 pp.



- Martínez-Lüscher, J., Brillante, L. ve Kurtural, S.K., 2019. Flavonol profile is a reliable indicator to assess canopy architecture and the exposure of red wine grapes to solar radiation. *Frontiers in Plant Science*, 10 (10): 1–15.
- Matese, A., Crisci, A., Di Gennaro, S.F., Primicerio, J., Tomasi, D., Marcuzzo, P. ve Guidoni, S., 2014. Spatial variability of meteorological conditions at different scales in viticulture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189: 159–167.
- Molitor, D. ve Keller, M., 2016. Yield of Müller-Thurgau and Riesling grapevines is altered by meteorological conditions in the current and previous growing seasons. *OENO One*, 50 (4). 245–258.
- Ozden, M., 2014. Antioxidant potential and secondary metabolite content of grape berries influenced by microclimate. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12 (3&4): 338–344.
- Pastore, C., Zenoni, S., Fasoli, M., Pezzotti, M., Torbielli, G.B. ve Filippetti, I., 2013. Selective defoliation affects plant growth, fruit transcriptional ripening program and flavonoid metabolism in grapevine. *BMC Plant Biol.*, 13 (30): 1–16.
- Peña Quiñones, A.J., Hoogenboom, G., Salazar Gutiérrez, M.R., Stöckle, C. ve Keller, M., 2020. Comparison of air temperature measured in a vineyard canopy and at a standard weather station. *Plos One*, 15 (6): 1–20.
- Schultz, H.R., 1992. An empirical model for the simulation of leaf appearance and leaf area development of primary shoots of several grapevine (*Vitis vinifera* L.) canopy-systems. *Scientia Horticulturae*, 52 (3): 179–200.
- Song, J.Q., Smart, R., Wang, H., Damberg, B., Sparrow, A. ve Qian, M.C., 2015. Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir wine. *Food Chemistry*, 173: 424–431.
- Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L. ve Ferguson, J.C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53 (3): 171–182.
- Torres, N., Martínez-Lüscher, J., Porte, E. ve Kurtural, S.K., 2020. Optimal ranges and thresholds of grape berry solar radiation for flavonoid biosynthesis in warm climates. *Frontiers in Plant Science*, 11 (931): 1–15.
- Torres, N., Martínez-Lüscher, J., Porte, E., Yu, R. ve Kurtural, S.K., 2021. Impacts of leaf removal and shoot thinning on cumulative daily light intensity and thermal time and their cascading effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) berry and wine chemistry in warm climates. *Food Chemistry*, 343: 128447.
- Wang, X., De Bei, R., Fuentes, S. ve Collins, C., 2019. Influence of canopy management practices on canopy architecture and reproductive performance of Semillon and Shiraz grapevines in a hot climate. *Am. J. Enol. Vitic.*, 70 (4): 360–372.

## Ülkemiz Tütün Üretim Alanlarında Cucumber mosaic virus (CMV) Enfeksiyonunun Belirlenmesi ve Türk CMV izolatlarının Popülasyon Yapısı

Ali KARANFİL<sup>1\*</sup>, Filiz RANDA-ZELYÜT<sup>2</sup>, Savaş KORKMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bilecik

\*Sorumlu Yazar: [ali.karanfil@hotmail.com](mailto:ali.karanfil@hotmail.com)

Geliş Tarihi: 25.04.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 22.05.2023 Kabul Tarihi: 22.05.2023

### ÖZ

Cucumber mosaic virus (CMV) bitki virüs hastalıkları arasında muhtemelen en fazla konukçu genişliğine sahip bir viral hastalık etmenidir. CMV enfeksiyonu Türkiye’de birçok farklı bitki türünde tespit edilmiştir. Etmenin Türkiye’deki konukçu aralığı oldukça fazla olmasına rağmen, Türkiye tütün üretim alanlarının çok büyük bir kısmını oluşturan Marmara ve Ege Bölgeleri tütün üretim alanlarındaki enfeksiyonu ve Türk CMV izolatlarının popülasyon yapıları ile ilgili yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında belirtilen alanlardan 300 semptomatik tütün bitkisi toplanmış ve 12 tanesinin CMV ile enfekteli olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçla CMV’nin tütün üretim alanlarında ana viral patojen olmadığı görülmüştür. Türk CMV izolatlarının moleküler karakterizasyonu amacı ile yürütülen sekans ve biyoinformatik analizler sonucunda izolatların birbirleri ile nükleotit ve aminoasit düzeyinde %91-100 arasında benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Filogenetik analizler ile Türk CMV izolatlarının Ia ve Ib olmak üzere iki altgruba dağılım gösterdiği görülmüştür. Bu altgruplardan Ib’de bulunan CMV izolatlarının Ia’ya göre genetik açıdan oldukça polimorfik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca konukçu ve coğrafik orijinin Türk CMV izolatlarının filogenetik ilişkilerinde rol oynamadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Fitopatojen, Biyoinformatik, CMV

## Prevalence of Cucumber mosaic virus (CMV) Isolates Infecting Tobacco Plants in Turkey and Population Structure of Turkish CMV Isolates

### ABSTRACT

Cucumber mosaic virus (CMV) is most likely the plant virus species with the broadest host range. In Turkey, different plant species have been identified to be affected by CMV. Although the host range of the agent is relatively common in Turkey, there are no thorough investigations on the infection and population structure of Turkish CMV isolates infecting tobacco plants in the Marmara and Aegean regions, which constitute a significant portion of Turkey’s tobacco production areas. 300 symptomatic tobacco plants from the targeted locations were collected for this purpose, and 12 of them were found positive for CMV infection. This result indicates that CMV is not the predominant viral pathogen in tobacco-producing areas. The sequencing and bioinformatic analysis carried out for the isolates revealed nucleotide and amino acid similarity between 91 and 100% for Turkish CMV isolates. Phylogenetic analysis showed that Turkish CMV isolates were divided into two subgroups, Ia and Ib. It has been revealed that CMV isolates from one of these subgroups, Ib, are significantly more genetically polymorphic than those from Ia. Furthermore, it was found that neither the origin of the host nor the location had any effect on the phylogenetic relationships of Turkish CMV isolates.

**Key words:** Phytopathogen, Bioinformatics, CMV

## GİRİŞ

Cucumber mosaic virus (CMV) Bromoviridae familyasından *Cucumovirus* cinsine ait bir türdür. CMV dünya çapında dağılım göstermektedir ve bilinen en fazla konukçu genişliğine sahip bitki virüs türüdür. Monokotiledon, dikotiledon, otsu bitkiler, çalılar ve ağaçlardan oluşan 1000'den fazla bitki türünde enfeksiyon meydana getirebilmektedir. CMV'nin tohumla ve 60'dan fazla yaprak biti ile non-persistent olarak taşındığı bilinmektedir (Jacquemon, 2012).

CMV, (+)ssRNA genomuna sahiptir ve virionları izometrik şekillidir. CMV'nin sahip olduğu bu genom 3 parçalıdır. Toplam uzunluğu yaklaşık olarak 8700 nükleotitten oluşmaktadır ve 5 açık okuma bölgesine sahiptir. Bitki virüslerinin moleküler karakterizasyonlarında yaygın olarak kullanılan kılıf protein geni ise RNA3 genom segmentinde kodlanmaktadır (Palukaitis and Garcia-Arenal, 2003).

CMV popülasyonlarının I ve II olarak iki alt gruba ayrıldığı bildirilmiştir. Bunlardan birincisinin kendi içinde tekrardan Ia ve Ib olmak üzere alt gruplara ayrıldığı da bilinmektedir (Roossinck, 2001).

CMV'nin en önemli konukçuları arasında Solanaceae, Cucurbitaceae ve Brassicaceae familyası üyeleri yer almaktadır (Jacquemon, 2012). Türkiye'de gerçekleştirilen birçok çalışmada CMV enfeksiyonu farklı konukçularda ve bölgelerde tespit edilmiştir (Karanfil ve Korkmaz, 2021; Karanfil, 2021). Ancak Türkiye'de Solanaceae familyası üyelerinde etmenin enfeksiyonu ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalar ağırlıklı olarak domates bitkileri üzerinden yürütülmüştür (Karanfil, 2021), Türkiye tarımında önemli bir yer tutan tütün bitkilerinde etmenle ilgili gerçekleştirilmiş sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Usta et al., 2020). Türkiye'de tütün üretim alanlarının %65'ten fazlasına sahip olan Marmara ve Ege bölgesindeki tütün üretim alanlarında etmenin enfeksiyonunun belirlenmesine yönelik gerçekleştirilmiş bir çalışma bulunmamaktadır.

Ayrıca Türkiye'de ekonomik olarak önemli birçok tarım ürünüde etmenin varlığının saptanmasına yönelik gerçekleştirilen çalışmalar, CMV izolatlarının sekans benzerlik ve filogenetik olarak ait oldukları grupların tespiti yönünde yürütülmüştür (Ergün ve ark., 2013; Usta ve ark., 2020; Akdura ve Culal-Kılıç, 2022). Dolayısıyla bu çalışmalar Türk CMV izolatlarının popülasyon yapılarının genetik çeşitliliğini tam anlamıyla yansıtmamaktadır. Türk CMV izolatlarının detaylı genetik çeşitlilik analizlerinin yapılmasının etmenin ülke içindeki yayılımı ve evrimsel süreçlerinin modellenmesine önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

Bu amaçla tobacco mild green mosaic virus (TMGMV) ile ilgili olarak gerçekleştirilen 1190625 numaralı TÜBİTAK-TOVAG projesi kapsamında Türkiye tütün üretim alanlarının büyük bir kısmını oluşturan Marmara ve Ege bölgelerinden toplanılan örnekler kullanılmıştır. Elde edilen izolatların CP genlerinin sekans dizilimleri belirlenmiş ve genbankasında bulunan diğer Türk izolatları da çalışmaya katılarak Türk CMV izolatlarının popülasyon yapıları detaylı olarak araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Arazi Çalışmaları

Gerçekleştirilen arazi çalışmaları 1190625 numaralı proje kapsamında TMGMV'nin genetik çeşitliliğinin belirlenmesi amacı ile yürütülen proje kapsamında çalışılmıştır. Arazi çalışmaları Türkiye'nin Marmara ve Ege bölgeleri tütün üretim alanlarında 2019-2020 yıllarında yapılmıştır. Bu bağlamda toplam 7 ilde (Çanakkale, Balıkesir, İzmir, Manisa, Uşak, Aydın ve Denizli) arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yapılan tarlalar tesadüfi olarak seçilmiş ve virüs ve benzeri semptom gösteren bitkilerden örnekler alınmıştır.

### Virüs Tanılama Çalışmaları

Toplanılan örneklerdeki CMV enfeksiyonu reverse transcriptase-polymerase chain reaction (RT-PCR) testleri ile belirlenmiştir. Bu amaçla ilk olarak toplanılan örneklerden Li et al. (2008)'in belirttiği şekilde total nükleik asit (TNA) izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen TNA'ların kaliteleri %1.5'lik agaroz jel elektroforezi ile kontrol edildikten sonra kullanılıncaya kadar -80°C'de saklanmıştır. Elde edilen TNA'lar kullanılarak RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit ile random hexamer primer ile cDNA kütüphaneleri oluşturulmuştur (Thermo Scientific, ABD). Oluşturulan bu cDNA kütüphaneleri kalıp olarak kullanılarak 2X Emerald PCR Master Mix (Takara, Japon) ve CMV'nin CP genine spesifik bir primer çifti kullanılarak PCR reaksiyonları gerçekleştirilmiştir (Karanfil, 2021). PCR sonuçları %1.5'lik EtBr ile boyanmış agaroz jel elektroforezinde kontrol edilmiştir.

### Biyoinformatik Analizler

CMV ile enfekteli bulunan izolatlar içerisinde elde edildikleri coğrafik orijinler temel alınarak her bir ilden en az bir izolat olacak şekilde toplamda 10 izolat (OK149244-OK149253) ileri biyoinformatik analizlerin gerçekleştirilmesi amacı ile seçilmiştir. Bu amaçla virüs tanılama çalışmaları sonucunda elde edilen CMV izolatlarının CP geninin 638 bp'lik kısmını içeren PCR ürünleri çift yönlü olacak şekilde hizmet alımı ile sekanslanmıştır. Elde edilen ham sekans verileri CLC Main Workbench V.20.3 paket programında

birleştirildikten sonra BlastN analizi ile de CMV'ye ait olup olmadıkları tekrar kontrol edilmiştir. NCBI veri tabanından Türkiye orijinli olup CMV CP geninin en az ilgili 638 bp'lik kısmına gelen tüm izolatlar çekilerek Türk CMV popülasyonunun genetik çeşitliliği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan diğer Türk izolatlarına filogenetik ağaçta erişim numarası, izolat kodu ve konukçu olacak şekilde yer verilmiştir.

Bu amaçla ilk olarak Sequence Demarcation Tool V.1.2 (Muhire ve ark. 2014) program kullanılarak izolatların sekans benzerlik oranları ClustalW dizilemesi yapıldıktan sonra nükleotid ve amino asit düzeyinde belirlenmiştir. İzolatların ait oldukları filogrupların belirlenmesinde ise Mega X (Kumar ve ark., 2018) ve CLC Main Workbench V.20.3 paket programları kullanılmıştır. Filogenetik ağaçlarda ClustalW dizilemesini takiben Maximum Likelihood algoritması seçilerek 1000 tekrarlı bootstrap analizi ile belirlenmiştir. Ayrıca filogenetik ağaçlarda tomato aspermy virus (TAV) dış grup olarak kullanılmıştır. Filogenetik ağaçta oluşan gruplara göre izolatların grup içi ve arası genetik uzaklıkları ise MegaX programında belirlenmiştir (Kumar ve ark., 2018). Ayrıca dünyanın farklı yerlerinden elde edilen ve grupları bilinen bazı CMV izolatları filogenetik çalışmalara referans olarak eklenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Filogenetik ve Structure analizlerinde referans olarak kullanılan cucumber mosaic virus izolatları

İzolat	Orijin	Grup	Erişim Numarası
LBO	Hollanda		AJ304397
Hnt	Çin		KC407999
Xb	Çin	II	AF268598
Palampur	Hindistan		HE583224
MT	Japonya		AB189917
IRN-REY4	İran		LC066467
IRN-REY10	İran	Ib	LC066473
Ixora	ABD		U20219
CTL	Çin		EF213025
RP46	Güney Kore	Ia	KC527770
Ly2	Güney Kore		AJ296154

Türk CMV izolatlarının popülasyon farklılaşma yapılarını ortaya çıkarmak için CMV'nin CP genine göre model tabanlı kümeleme yöntemi ve Bayesian algoritması (MCMC: Markov Chain Monte Carlo) kullanılarak olasılıksal modeller oluşturmak için STRUCTURE 2.3.4 yazılımı kullanılmıştır (Pritchard ve ark 2000). Küme sayısını seçmek için popülasyon yapısının en iyi temsilci tahminlerine göre, 1 ila 10 (K=1-10 üç tekrarlı) ve 100.000 adımlık bir yanma süresinden sonra 100.000 MCMC tekrarı ile analizler uygulanmıştır. Ayrıca, Structure Harvester v0.6.94 çevrimiçi yazılımındaki Evanno ve Delta K yöntemleri, mevcut olması en olası genetik küme sayısını (K) değerlendirmek için kullanılmıştır (Evanno ve ark 2005).

## BÜLGULAR ve TARTIŞMA

Gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında 300 virüs ve virüs benzeri semptom gösteren bütün bitkilerinden örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin testlenmesi sonucunda 12 bitkinin CMV ile enfekteli olduğu belirlenmiştir. En yüksek enfeksiyon oranı %35 ile Çanakkale ilinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte İzmir, Aydın ve Denizli illerinde ise CMV enfeksiyonu tespit edilmiştir. Örnekleme yapılan diğer illerde ise CMV enfeksiyon oranı Balıkesir için %2,63, Manisa için %4,68 ve Uşak için %2,43 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Gerçekleştirilen arazi ve virüs tanılama çalışmaları sonucunda toplanılan örneklerin hepsinin virüs ve virüs-benzeri semptom taşımasına rağmen sadece %4'ünde CMV enfeksiyonu tespit edilmiştir. Fakat bu örneklerin çok büyük bir kısmının tobamovirusler ile enfekteli olduğu bulunmuştur (Karanfil ve ark., 2023). Bu bağlamda Batı-Anadolu bölgesi bütün üretim alanlarında CMV'nin minör patojenlerden bir tanesi olduğu görülmüştür. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ile de bu bölgede ana viral patojenin TMGMV olduğu belirlenmiştir (Karanfil ve ark., 2023). Bu bağlamda bütünlerde enfeksiyon meydana getiren diğer minör virüs ve virüs-benzeri patojenler olan potato virus Y (PVY), tobacco mosaic virus (TMV), tomato mosaic virus (ToMV) ve fitoplazmalara ek olarak CMV'de eklenmiştir (Usta ve ark., 2020; Günay ve Usta, 2020; Randa-Zelyüt ve ark., 2022, b; Karanfil ve ark., 2023).

Çizelge 2. Cucumber mosaik virus ile enfekteli olan izolat sayıları ve toplanılan örneklerdeki enfeksiyon oranları

İl	CMV ile Enfekteli Örnek Sayısı	Toplanılan Örnek Sayısı	Toplanılan Örneklerdeki CMV Enfeksiyon Oranı (%)
Çanakkale	7	20	35.00
Balıkesir	1	38	2.63
İzmir	-	35	-
Manisa	3	64	4.68
Uşak	1	41	2.43
Aydın	-	40	-
Denizli	-	62	-
Toplam	12	300	4.00

Toplanılan örnek sayıları ve enfeksiyon oranlarına paralel olarak CMV ile enfekteli en fazla örnek 7 izolat ile Çanakkale ilinden elde edilirken, Manisa ilinden 3, Balıkesir ve Uşak illerinden ise 1 izolat elde edilmiştir. Enfekteli örneklerde görülen en tipik simptom tipi ise yapraklarda görülen yoğun mozaik belirtilerdir (Şekil 1).



Şekil 1. Cucumber mosaik virus ile enfekteli olduğu tespit edilen tütün bitkisinin yapraklarındaki mozaik belirtiler

CMV ile enfekteli bitkilerde görülen mozaik belirtiler ise tipik olarak bitki virüslerinin neden olduğu en yaygın simptom tiplerinden biri olduğu için direk olarak bu simptomlara neden olan viral etmenin CMV olduğu düşünülmemelidir. Nitekim, tütünlerde enfeksiyonlara neden olan tobamovirus ve potyvirus türlerinin de bu tür belirtilere neden olduğu bilinmektedir (Usta ve ark., 2020; Randa-Zelyüt ve ark., 2022; Karanfil ve ark., 2023). Bu bağlamda tütün virüslerinin birçoğu için simptom-patojen etkileşimi hakkında kesin yargılara varılmaması gerektiği düşünülmektedir.

Tütün üretim alanlarından ve genbankasında Türkiye orijinli olarak bulunan farklı konukçulardan CMV izolatlarının moleküler karakterizasyonu amacı ile gerçekleştirilen benzerlik analizleri sonucunda ise Türk CMV izolatlarının nt düzeyinde birbirleri ile %91-100, amino asit düzeyinde ise %92-100 arasında benzerlik gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 2).

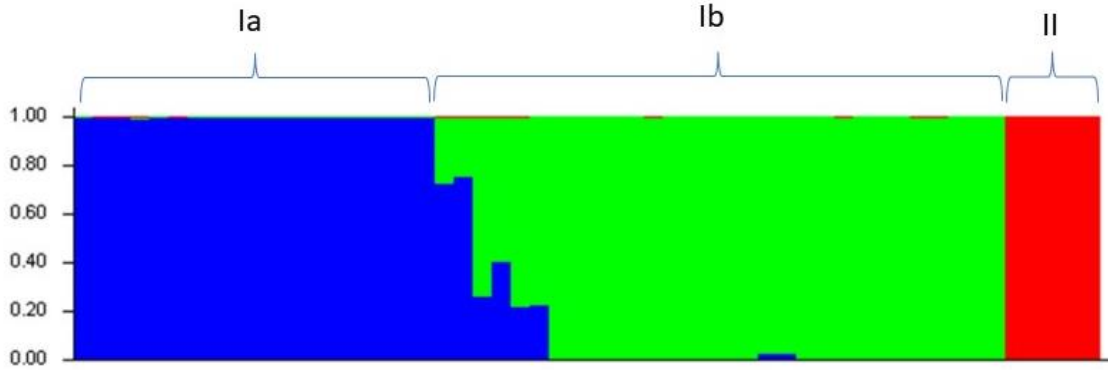
CMV izolatlarının filogenetik ilişkilerinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen analizler sonucunda ise Türk CMV izolatlarının Ia ve Ib altgruplarına dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Altgrup II'de kullanılan gen bölgesi ve büyüklüğüne göre Türk CMV izolatının yer almadığı görülmüştür (Şekil 3).

Filogenetik ağaçta oluşan gruplara göre izolatların genetik uzaklıkları hesaplandığında overall mean distance  $0.049 \pm 0.006$  olarak hesaplanmıştır. Grup içi izolatların uzaklıkları Ia grubu için  $0.008 \pm 0.002$  olarak hesaplanırken, Ib için  $0.038 \pm 0.009$  olarak hesaplanmıştır. Ia ve Ib grupları arası genetik uzaklık ise  $0.071 \pm 0.009$  olarak hesaplanmıştır.



paralellik göstermektedir (Güller ve Usta, 2020; Karanfil, 2021). Ayrıca genel olarak yapılan biyoinformatik analizlere dayanarak grup Ib izolatlarının Ia izolatlarına göre daha çok genetik çeşitliliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç filogenetik analizlerde de Ib izolatlarının kendi içlerinde altgruplar oluşturması ve genetik uzaklık hesaplamalarında Ib izolatlarının birbirleri ile daha fazla genetik uzaklığa sahip olması ile doğrulanmaktadır.

Structure analizleri sonucunda Delta K ( $\Delta K$ ) değerleri Structure Harvester yazılımında en uygun  $\Delta K=3$  olarak belirlenmiştir. Yani filogenetik analizlerde kullanılan Türk izolatlarının ve diğer referans izolatların 3 ayrı alt popülasyonda kümelendiği bu analizler sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca ülkemizin farklı bölgelerinden ve farklı tarım ürünlerinden elde edilen CMV CP gen izolatlarının 2 ayrı alt popülasyondan türediği tekrar doğrulanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Cucumber mosaic virus izolatlarının structure analizi ile elde edilen popülasyon yapısını simgeleyen grafiği

Türk CMV izolatlarının structure analizi ile değerlendirilmesi sonucunda da filogenetik ağaçta olduğu gibi iki baskın renk oluşumu gözlenmiştir. Türk izolatlarından hiçbirisi grup II izolatları ile ilişkili bulunmamıştır. Ia izolatlarının tek bir renkten oluştuğu bu bağlamda Ia popülasyonundaki izolatların oldukça birbirleri ile homolog oldukları görülürken, Ib'nin ise iki renkten oluştuğu ve birbirleri ile daha heterolog izolatlardan oluşan bir popülasyon oluştuğu görülmektedir. Ayrıca structure analizine göre Ia izolatlarından Ib izolatlarına göre bir genetik göç olduğu da görülmektedir. Bu sebeple ayrıca izolatların rekombinasyon durumlarının da gelecek çalışmalarda belirlenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Gerçekleştirilen bu çalışma ile ülkemiz tütün üretim alanlarının büyük bir kısmında CMV'nin minör bir patojen olduğu tespit edilmiştir. Tütünlerde enfeksiyon meydana getiren CMV izolatlarının Ia ve Ib altgruplarında dağılım gösterdiği belirlenirken, ülkemiz CMV izolatlarının filogenetik gruplarında konukçunun rol oynamadığı belirlenmiştir.

**Teşekkür:** Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FHD-2020-3318 proje kodu ile desteklenmiştir.

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

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

## KAYNAKLAR

- Akdura, N. ve Culal-Kilic, H. 2022. Molecular characterizations of cucumber mosaic virus and tomato mosaic virus isolates in Hakkari Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31 (8B): 8993-9004.
- Ergün, M., Erkan, S., ve Can Paylan, İ. 2013. Cucumber mosaic virus in globe artichoke in Turkey. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 35 (4): 514-517.
- Evanno, G., Regnaut, S., ve Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14 (8): 2611–2620.
- Gunay, A. ve Usta, M. (2020). First investigation of five tobacco viruses using pcr based methods in tobacco plants grown in Adiyaman, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29 (12): 11624-11632.

- Güller, A. ve Usta M. 2020. Occurrence of Cucumber mosaic cucumovirus and Watermelon mosaic potyvirus on Melon exhibiting viral symptoms in Bingöl province of Turkey and Their Phylogenetic Affinities. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (4): 948-958.
- Jacquemond, M. 2012. Cucumber mosaic virus. *Advances in Virus Research*, 84: 439-504.
- Karanfil, A. 2021. Prevalence and molecular characterization of Cucumber mosaic virus isolates infecting tomato plants in Marmara region of Turkey. *Plant Protection Bulletin*, 61 (4): 19-25.
- Karanfil, A. ve Korkmaz, S. 2021. Güney Marmara Bölgesi kabakgil üretim alanlarında cucumber mosaic virus enfeksiyonunun tespiti ve kılıf protein gen diziliminin filogenetik analizi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (2): 239-246.
- Karanfil, A., Randa-Zelyüt, F. ve Korkmaz, S. 2023. Population structure and genetic diversity of tobacco mild green mosaic virus variants in Western Anatolia of Turkey. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102008.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. ve Tamura, K. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35 (6): 1547.
- Muhire, B. M., Varsani, A. ve Martin, D. P. 2014. SDT: a virus classification tool based on pairwise sequence alignment and identity calculation. *PLoS One*, 9 (9): e108277.
- Palukaitis, P., ve García-Arenal, F. 2003. Cucumoviruses. *Advances in virus research*, 62: 241-323.
- Pritchard, J.K., Stephens, P. ve Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945–959
- Randa-Zelyüt, F., Karanfil, A. ve Korkmaz, S. 2022. Balıkesir ve Uşak İlleri Tütün Ekim Alanlarında Potyvirus İzolatlarının Belirlenmesi ve Karakterizasyonu. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 37 (1): 96-103.
- Roossinck, M. J. 2001. Cucumber mosaic virus, a model for RNA virus evolution. *Molecular Plant Pathology*, 2 (2): 59-63.
- Usta, M., Güller, A. ve Günay, A. 2020. The molecular characterization of the coat protein sequence and differentiation of CMV-subgroup I on tobacco from native flora in Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48: 523-534.
- Zhu, F., Sun, Y., Wang, Y., Pan, H., Wang, F., Zhang, X., ve ark. 2016. Molecular characterization of the complete genome of three basal-BR isolates of turnip mosaic virus infecting *Raphanus sativus* in China. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (6): 888.



## Ranking Çanakkale Districts in terms of Rangeland Quality with Multi-Criteria Decision Making Methods<sup>‡</sup>

Zeynep GÖKKUŞ<sup>1\*</sup>, Sevil ŞENTÜRK<sup>2</sup>, Fırat ALATÜRK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kastamonu

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Eskişehir

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale

\*Sorumlu Yazar: z.gokkus@gmail.com

Received: 03.10.2022 Received in revised: 09.06.2023 Accepted: 09.06.2023

### ABSTRACT

Based on the Project report of Determination of Rangeland Availability and Range of Rangeland Status Classes carried out by the Management of Eastern Anatolia Agricultural Research Institute, eleven districts of Çanakkale are ordered in terms of rangeland quality. For this reason, four different rankings were obtained by AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS methods. According to the rankings made by the AHP, VIKOR and WASPAS methods, while the district with the highest rangeland quality was Biga, the highest rangeland quality according to the TOPSIS method was found to be the Central district.

**Key words:** Ranking in agricultural experiments, AHP, TOPSIS, VIKOR, WASPAS.

## Çanakkale İlçelerinin Mera Kalitesi Bakımından Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Sıralanması

### ÖZ

Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün yürüttüğü Mera Varlığının ve Mera Durum Sınıflarının Belirlenmesi Proje raporu kaynak alınarak, Çanakkale'nin on bir ilçesi mera kalitesi bakımından sıralanmıştır. Bunun için AHP, TOPSIS, VIKOR ve WASPAS yöntemleri ile farklı dört sıralama elde edilmiştir. AHP, VIKOR ve WASPAS yöntemleri ile yapılan sıralamalara göre mera kalitesi en yüksek olan ilçe Biga iken TOPSIS yöntemine göre mera kalitesi en yüksek ilçe Merkez olarak bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Tarımsal deneylerde sıralama, AHP, TOPSIS, VIKOR, WASPAS.

### INTRODUCTION

One of our most important renewable natural resources is rangelands (Altın et al., 2011). Many studies have been carried out under the coordination of TAGEM in order to classify the rangelands through vegetation studies in order to reveal the social, economic and environmental benefits of rangelands and to create breeding and management models suitable for rangeland conditions (Gökkuş et al., 2011; Gökkuş, 2020).

There are several methods used when determining rangeland conditions. One of them is to classify the rangelands by calculating climax according to the vegetation data. Rangeland health classification is based on the integration of soil, canopy, and other ecological units whereas rangeland conditions are based on botanical composition (Koç et al. 2021). In this method, the climax is determined by summing the ratios of decreasing and increasing species (not the number of observed grasses, but the number of species) in the botanical composition (if the increasing species ratio is more than 20%, it is included in the calculation as 20%). If the climax is less than 25%, the rangeland is in poor, if it is between 26-50%, medium, if it is between 51-75%, good, and if it is between 76-100%, very good condition (Altın et al., 2011). However, this classification may not reflect the production amount of grass per unit area of the rangeland. In other words, the rangeland condition may not reflect the

rangeland quality. For example, if the rate of decreasing species is low, but the grass yield of the unit area is high, more animals can graze in the rangeland and this can increase the quality of the rangeland.

In this study, it was aimed to rank the rangelands in terms of grass quality and take into account the factors that affect the vegetation of the rangelands (altitude, slope, erosion, stony and soil depth) and the families (cereals, legumes and other families) including grass species. The role of environmental factors in the proportions of families in the botanical composition is very important. Changes in any of the existing environmental factors in the rangeland affect the use of the rangeland (Sürmen and Kara, 2018). It is aimed to determine the best rangeland. For this purpose, vegetation data were examined with Multi-Criteria Decision Making methods.

MCDM methods have been developed to eliminate uncertainty and indecision in selection and ranking problems (İlbarhar et al., 2022). The aim of these methods is to rank the alternatives in terms of some criteria or to choose the best alternative. During the selection process, the opinions of decision makers are very important and effective (Atalık and Şentürk, 2019).

In this study, firstly, four MCDM methods, AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS are explained. Then, when the vegetation data of Çanakkale districts are examined with these methods, the ranking of the districts in terms of rangeland quality is given and the best district is selected.

MCDM methods are generally applied for observational data, scales or scores. In this study, MCDM methods were applied to an experimental data. In this study, for the first time, rangeland quality was evaluated and ranked with MCDM methods.

## MATERIAL AND METHOD

### Application Data

The data of the Çanakkale part of the project named “Project for Determination of Rangeland Existence and Rangeland Condition” are summarized below (Gökkuş, 2020). Four different sampling were done from each district. Tables were created by taking the arithmetic mean of the proportional sizes of the sampling points for all sub-criteria (Table 2-4).

Table 2. Distribution of soil and topographic properties affecting vegetation by districts (Gökkuş, 2020)

Districts	Altitude (%)	Slope (%)	Erosion (%)	Stony (%)	Soil depth (%)
Central d.	0.03	0.06	0.11	0.07	0.06
Ezine	0.08	0.10	0.09	0.12	0.06
Lapseki	0.03	0.11	0.09	0.12	0.07
Gökçeada	0.14	0.13	0.09	0.10	0.06
Ayvacık	0.21	0.07	0.09	0.08	0.07
Bayramiç	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10
Gelibolu	0.05	0.10	0.07	0.07	0.10
Eceabat	0.01	0.10	0.07	0.10	0.09
Biga	0.01	0.06	0.07	0.07	0.11
Yenice	0.21	0.07	0.07	0.07	0.09
Çan	0.07	0.06	0.07	0.07	0.09

Table 3. Distribution of families by districts (Gökkuş, 2020)

Districts	Cereals (%)	Legumes (%)	Other families (%)
Central d.	31.86	10.27	57.87
Ezine	20.285	20.5925	59.1225
Lapseki	21.075	11.5825	67.3425
Gökçeada	16.66	13.085	70.255
Ayvacık	18.9125	21.355	59.7325
Bayramiç	21.3875	18.42	60.1925
Gelibolu	41.495	16.2825	42.2225
Eceabat	20.2425	14.9475	64.81
Biga	34.03167	13.99833	51.97167
Yenice	29.0225	10.12	60.8575
Çan	42.3925	4.5725	53.035

Table 4. Distribution of the species affecting grazing by districts and rangeland condition (Gökkuş, 2020)

Districts	Decreasing species	Increasing species	Invasive	Climax	Rangeland
Central d.	24.29575	7.1235	68.58075	31.41925	Medium
Ezine	8.9135	18.8345	72.2525	27.748	Medium
Lapseki	9.7615	4.8715	85.367	14.633	Poor
Gökçeada	6.25575	8.59325	85.151	14.849	Poor
Ayvacı	8.698	17.704	73.598	26.402	Medium
Bayramiç	10.12425	9.4665	80.40925	19.59075	Poor
Gelibolu	6.5305	20.311	73.1585	26.5305	Medium
Eceabat	7.41325	8.06575	84.521	15.479	Poor
Biga	18.2735	16.89775	64.82875	35.17125	Medium
Yenice	9.305	13.0095	77.6855	22.3145	Poor
Çan	12.57475	5.67175	81.753	18.2465	Poor

## AHP

The AHP method, developed by Thomas L. Saaty (1977) for the solution of complex problems, is the most widely applied multi-criteria decision-making method in the literature (Özbek, 2013; Kubler et al., 2016). The AHP method has a structure with at least three hierarchical levels, each level consisting of at least one element (Özbek, 2017). Based on the assumption that a sub element affects a top element, pairwise comparisons are made and the relative importance of the elements in the hierarchically sub level with respect to the top element is determined. At the top of the AHP structure is the goal. A sub-level (main) criteria includes sub-criteria, if any. At the bottom level, decision alternatives are given (Ecer and Küçük, 2008).

When applying the AHP method in a decision-making problem, the four axioms determined by Saaty (1986) must be provided. These; i) correspondence (in pairwise comparison matrices, each element must be symmetric with respect to the  $x=y$  line, its inverse with respect to multiplication), ii) homogeneity (one criterion cannot be considered infinitely superior to the other in pairwise comparisons), iii) independence (alternatives and criteria are completely independent of each other) and iv) decision problem can be designed in hierarchical structure.

The steps of the AHP method are given below, respectively.

Step 1: The decision problem is designed according to the hierarchical structure of the AHP. The goal, criteria and alternatives are determined .

Table 5. Comparison Scale (Saaty, 2008)

Relative	Reciprocal of relative	Definition
1	1	Equally importance
3	1/3	Moderate importance of one over another
5	1/5	Essential or strong importance
7	1/7	Demonstrated importance
9	1/9	Extreme importance
2, 4, 6, 8	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Intermediate values between two adjacent

Step 2: Using the scale given in Table 5, the decision maker(s) construct a pairwise comparison matrix for each pairwise comparison, as represented in Table 6.

Table 6. Pairwise comparison matrix (Wind and Saaty, 1980)

A	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	...	Criterion n
Criterion 1	1	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1n}$
Criterion 2	$a_{21} = 1/a_{12}$	1	$a_{23}$	...	$a_{2n}$
Criterion 3	$a_{31} = 1/a_{13}$	$a_{32} = 1/a_{23}$	1	...	$a_{3n}$
...	...	...	...	...	...
Criterion n	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	$a_{n2} = 1/a_{2n}$	$a_{n3} = 1/a_{3n}$	...	1

Step 3: The pairwise comparison matrix is normalized and obtained by applying Equation (1) to each element in the matrix.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \tag{1}$$

Step 4: The sum of each column in the normalized matrix is 1. The sum of each row is averaged by dividing by the matrix size with Equation (2), and the importance weights are calculated for each criterion. These weights are called priority vectors.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a'_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

Step 5: Consistency rate is calculated at the end of following transactions (Özbek and Eren, 2013), [15-16].

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right] \tag{3}$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{4}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{5}$$

The consistency ratio should be less than 0.10. Otherwise, the decision maker(s) must rearrange the pairwise comparison matrix. It is concluded that matrices with CR<0.10 are consistent. Here RI is the "Random Index" value. Calculated for matrices with a maximum size of 15. If the number of criteria in a decision-making problem is too high, the probability of obtaining consistent results as a result of evaluating all criteria together weakens (Uden, 2004). RI values for pairwise comparison matrices are given in Table 7

Table 7. RI values for pairwise comparison matrices (Özbek, 2017)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Step 6: For each (sub)criterion, the alternatives are compared in pairs. For this, Steps 1-5 are applied for each criterion.

Step 7: The overall weights of the criteria are found in accordance with the hierarchical order of the decision problem (by multiplying the priorities of the main and sub-criteria). The criterion-weighted value of each alternative is determined by multiplying the overall weight of each criterion with the preference values of the alternatives according to that sub-criterion. The weighted values of each alternative are summed and sorted from largest to smallest. This ranking is the final ranking of the alternatives by the AHP method.

**TOPSIS**

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was developed by Hwang and Yoon (Hwang and Yoon, 1981). In this method, the alternative closest to the positive ideal solution (PIS) and farthest from the negative ideal solution (NIS) is selected as the best alternative. With TOPSIS, the relative distances of all alternatives from PIS and NIS are calculated using the Euclidean distance. When the relative distances are sorted, the searched order for the alternatives is also obtained (Özden, 2011).

The steps of the TOPSIS method as follows (Özbek, 2013).

Step 1: The decision makers create the decision matrix (D), the rows of which show the alternatives and the columns the criteria.

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \tag{6}$$

Step 2: By applying the normalization in Equation (7) and (8) to the decision matrix, the standard decision matrix in Equation (9) is obtained.

$$\forall d_{ij} \neq 0; \quad r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m d_{kj}^2}}; \quad \forall i = 1, \dots, m, \quad \forall j = 1, \dots, n \tag{7}$$

$$\forall d_{ij} = 0; \quad r_{ij} = 0; \quad \forall i = 1, \dots, m, \quad \forall j = 1, \dots, n \tag{8}$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Step 3: At this stage, the weighted standard decision matrix (V) is found by multiplying the predetermined criteria weights  $w_j$  and the elements in the standard decision matrix.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{i1} & w_2 r_{i2} & \dots & w_n r_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Step 4: PIS ( $A^*$ ) and NIS ( $A^-$ ) solution sets are generated. For this, benefit criteria are selected as max (J) to PIS and min to NIS. On the contrary, in the cost criterion, max (J') to NIS and min to PIS are applied.

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij}, j \in J \right), \left( \min_i v_{ij}, j \in J' \right), i = 1, \dots, m \right\} \quad (11)$$

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\}$$

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij}, j \in J \right), \left( \max_i v_{ij}, j \in J' \right), i = 1, \dots, m \right\} \quad (12)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

Step 5: The positive and negative ideal separation measures, respectively  $S_i^*$  and  $S_i^-$ , for each of the compared  $A_i$  alternatives are calculated using the Euclidean distance as follows.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \forall i = 1, \dots, m \quad (13)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \forall i = 1, \dots, m \quad (14)$$

Step 6: Using  $S_i^*$  and  $S_i^-$ , the relative affinities to PIS,  $C_i^*$ , are calculated for each alternative and sorting in descending order.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}, \quad 0 \leq C_i^* \leq \forall i = 1, \dots, m \quad (15)$$

Here, for the  $i$ th alternative, it is said that if  $C_i^* = 1$  it is at the PIS, if  $C_i^* = 0$  it is at the NIS point.

## VIKOR

Opricovic and Tzeng (2004) proposed the VIKOR (Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje-Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution) method for multi-criteria decision making problems that are measured in different units and/or consist of conflicting criteria. The aim of the method is to reach the compromise solution that is closest to the ideal solution in ranking the alternatives. In this method, criterion weights are assumed to be known in advance and decision makers are allowed to influence the result (Opricovic and Tzeng, 2007).

The application steps of the VIKOR method are as follows.

Step 1: The decision matrix is created as follows, with  $i$  and  $j$  representing the alternatives and criteria, respectively.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (16)$$

Step 2: The best  $f_j^*$  and worst  $f_j^-$  values are determined for each criterion, depending on whether the criteria are of benefit or cost oriented.

$$f_j^* = \max_i x_{ij}, \quad f_j^- = \min_i x_{ij}; \quad \text{if the } j\text{th function is from benefit oriented} \quad (17)$$

$$f_j^* = \min_i x_{ij}, \quad f_j^- = \max_i x_{ij}; \quad \text{if the } j\text{th function is from cost oriented} \quad (18)$$

Step 3:  $S_i$  and  $R_i$  values are calculated, while  $w_j$  represents the weights of the criteria.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (19)$$

$$R_i = \max_j [w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)] \quad (20)$$

Here,  $S_i$  and  $R_i$  represent the mean and worst scores of the second alternative, respectively (Akyüz, 2012). Also,  $S_i$  represents maximum group utility as “majority” and  $R_i$  represents minimum individual regret as “opponent” (Opricovic and Tzeng, 2004).

Step 4: The  $Q_i$  index, in which both strategies are evaluated together, is calculated to represent  $v$  maximum group utility and  $1 - v$  the weight of the strategy providing individual regret (Opricovic, 2011). Compromise can be achieved by “majority vote” ( $v > 0,5$ ), “consensus” ( $v = 0,5$ ) and “veto” ( $v < 0,5$ ) (Kizielewicz and Bączkiewicz, 2021).

The researcher can determine the value of  $v$ , but it is usually necessary to be close to the value calculated by the equation  $v = (m + 1)/2m$ . (In this study, it was calculated as approximately  $v = (11 + 1)/2 * 11 = 0,545$ , and the calculation was made for  $v = 0,5$ .)

$$Q_i = \frac{v(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (21)$$

$$S^* = \min_i S_i, S^- = \max_i S_i, R^* = \min_i R_i, R^- = \max_i R_i$$

Step 5:  $S_i$ ,  $R_i$  and  $Q_i$  parameters are ordered ascending sort to obtain three rankings.

Step 6: If both conditions (C1 and C2) given below are fulfilled,  $a'$  at the top of the  $Q_i$  rank is considered the best alternative.

C1. Acceptable advantage: Let  $a'$  and  $a''$  be the best and second best alternatives of the  $Q_i$  rank, respectively. The condition in the follow-up is tested, with  $DQ = \frac{1}{m-1}$  (if the number of alternatives is  $< 4$ ,  $DQ = 0.25$ ).

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (22)$$

C2. Acceptable stability in decision making:  $a'$  should also be the best choice for  $S_i$  and/or  $R_i$  rankings.

If one of these conditions is not fulfilled, the agreed set of common solutions is suggested as follows (Özbek, 2017).

If C1 is not fulfilled; the alternatives  $a', a'', \dots, a^m$  are the best compromised solution set.  $a^m$  is determined by the formula  $Q(a^m) - Q(a') < DQ$  for maximum  $m$ .

If C2 is not provided; Alternatives  $a'$  and  $a''$  are the best compromised solution.

## WASPAS

Zolfani et al. (2013) and Zolfani et al. (2013) developed the Weighted Aggregated Sum Product ASsessment (WASPAS) method to reveal the performance values of the alternatives according to the criteria by using the criterion weights. This method is a MCDM method based on Weighted Sum Model (WSM), in other words Simple Additive Weighting and Weighted Product Model (WPM) methods. With this method, it is aimed to achieve high consistency by optimizing the weighted integrated function (Lashgari et al., 2014; Özbek, 2019).

In this method, there is no restriction to determine the criterion weights. Researchers can weight the criteria with the help of the techniques in the literature or the scoring scale (Özbek, 2017).

The steps of the WASPAS method are given at below (Özbek., 2019).

Step 1: The decision matrix is created as given by Equation (16) in the VIKOR method.

Step 2: The decision matrix is normalized with the linear normalization method, taking into account whether the criteria are benefit or cost oriented. If the criterion is benefit-oriented, Equation (23) is used, if cost-oriented, Equation (24) is used.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (23)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (24)$$

Step 3: The relative performance of the alternatives according to the WSM method is calculated by summing the alternative values weighted according to each criterion.

$$P_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n x_{ij}^* w_j \quad (25)$$

Step 4: The relative performance of the alternatives according to the WPM method is calculated by multiplying the alternative value according to each criterion by the power of the criterion weight with the same index.

$$P_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (x_{ij}^*)^{w_j} \quad (26)$$

Step 5: The final performance ( $P_i$ ) of the alternatives showing their position in the overall ranking is obtained as follows.

$$P_i = 0,5P_i^{(1)} + 0,5P_i^{(2)} \quad (27)$$

The  $\alpha$  parameter converts the WASPAS method to the WPM method for 0 and the WSM method for 1. In Equation (27) (and in this study),  $\alpha = 0.5$  was chosen. Researchers decide which value to choose for  $\alpha$ , and can calculate  $\alpha$  also by Zolfani (2013) method.

Step 6:  $P_i$  values are sorted in descending order. This ranking gives the alternatives in order from best to worst.

## APPLICATION

Three main criteria were determined in order to rank Çanakkale districts in terms of rangeland quality with AHP, TOPSIS VIKOR and WASPAS methods. These main and sub-criteria are shown in Table 8.

Table 8. Criteria used in AHP, TOPSIS VIKOR and WASPAS

Main criteria	Vegetation	Families	Grazing
Sub-criteria	Altitude	Cereals	Decreasing species
	Slope	Lagumes	Increasing species
	Erosion	Other families	Invasive species
	Stony		
	Soil depth		

The slope, erosion, stony and invasive species have negative effects (cost oriented) on the rangeland quality, while the other criteria have positive effects (benefit oriented) (Gökkuş et al, 2011; Gökkuş, 2020). A single decision maker (one expert opinion) was obtained for the main criteria by the research team that carried out this study. The scaling of the sub-criteria for the alternatives was done in accordance with the experimental data. Experimental data were obtained from each alternative (district) in four replicates. Initially, these repetitions were considered as four decision makers, but it was understood that the repetitions were very close to each other, therefore the same scale values should be given to all four repetitions. As a result, it was decided to evaluate the scale values of the alternatives for the sub-criteria according to the average of four repetitions as one decision maker. In fact, these scalings reflect the performances of the alternatives on the criteria and do not contain a personal opinion (Oprićovic and Tzeng, 2004; Deng et al., 2000). All methods were applied according to the opinion of a single expert. Studies performed with a single expert opinion are available in the literature (Oprićovic and Tzeng, 2007; Kizielewicz and Bączkiewicz, 2021).

The structure of the MCDM problem summarized in Table 8 is presented in Figure 1.

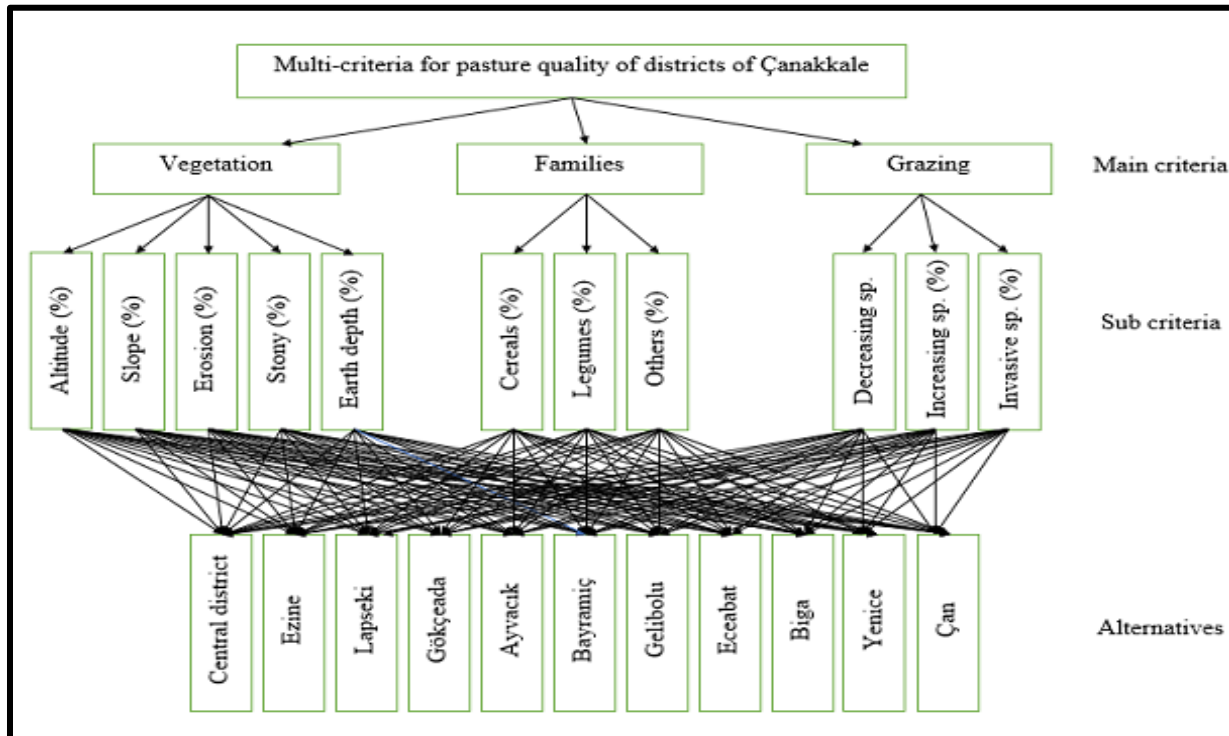


Figure 1. Structure of the MCDM problem

Preference values and rankings obtained from the AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS methods applied in order to rank Çanakkale districts in terms of rangeland quality and/or to determine the best one are given in Tables 9 and 10, respectively.

Table 9. Preference values obtained from AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS methods

Alternatives	AHP	TOPSIS	VIKOR	WASPAS
Central district	0.1211	0.7321	0.1186	0.6827
Ezine	0.0735	0.2662	0.7234	0.5407
Lapseki	0.0625	0.1854	0.8308	0.4292
Gökçeada	0.0454	0.1449	1	0.4240
Ayvacık	0.0769	0.2982	0.6519	0.5975
Bayramiç	0.0955	0.2513	0.6326	0.5516
Gelibolu	0.1062	0.2460	0.7318	0.5474
Eceabat	0.0688	0.1165	0.8959	0.4182
Biga	0.1691	0.6367	0	0.7299
Yenice	0.0692	0.2876	0.6280	0.5932
Çan	0.1118	0.3368	0.5445	0.5386

Table 10. Rankings obtained from AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS methods

Rank	AHP	TOPSIS	VIKOR	WASPAS
1	Biga	Central district	Biga	Biga
2	Central district	Biga	Central district	Central district
3	Çan	Çan	Çan	Ayvacık
4	Gelibolu	Ayvacık	Bayramiç	Yenice
5	Bayramiç	Yenice	Yenice	Bayramiç
6	Ayvacık	Ezine	Lapseki	Gelibolu
7	Ezine	Bayramiç	Ezine	Ezine
8	Yenice	Gelibolu	Ayvacık	Çan
9	Eceabat	Lapseki	Eceabat	Lapseki
10	Lapseki	Gökçeada	Gelibolu	Gökçeada
11	Gökçeada	Eceabat	Gökçeada	Eceabat

The similarities in ranking the alternatives with the four MCDM methods are represented in Figure 2 (Kizielewicz and Bączkiewicz, 2021).

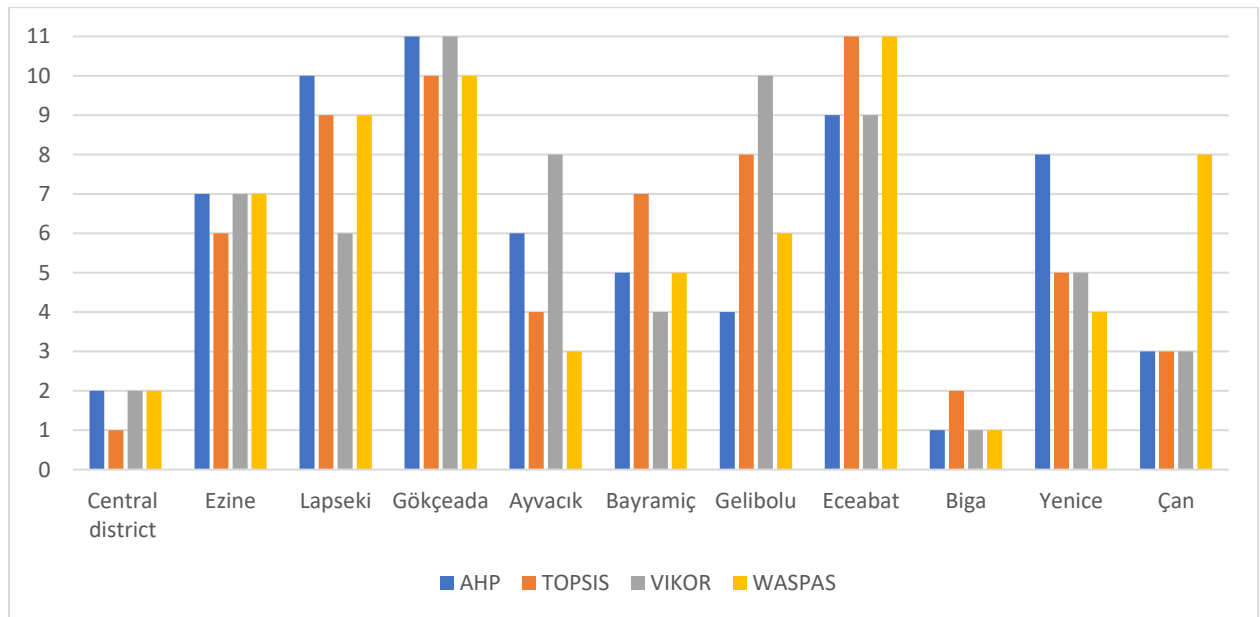


Figure 2. Comparison of rankings received with AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS



## RESULTS AND DISCUSSION

In this study, eleven districts of Çanakkale were evaluated in terms of rangeland quality by AHP, TOPSIS, VIKOR and WASPAS methods, taking into account 11 vegetation factors. When Table 3.3 is examined, it is seen that Biga is the district with the best rangeland quality in the rankings obtained by AHP, VIKOR and WASPAS. The expert team (that carried out the experiment) stated that Biga's being in the first place is an expected result and that the AHP and VIKOR results are close to the expected order (Gökkuş et al, 2011; Gökkuş, 2020). In the ranking obtained by the WASPAS method, Çan was left behind in the ranking, while Biga took the second place in the ranking of the TOPSIS method. These situations do not reflect what is expected. Table 3.2 shows the preference values obtained from all four methods. When these values are examined, it is clear that Biga, Central district and Çan in AHP, and Biga and Central district in other methods are quite different from other districts. In the ranks after the first three, the preference values of the alternatives are very close to each other, but weak. For this reason, the rankings change after the first three in each method. One of the reasons why the rankings of these four methods differ from each other is the small number of sampling stations. As the sampling stations increase, the rankings are likely to be more similar. When the rangeland conditions given in Table 2.3 and the rankings obtained in this study are examined, it is seen that the rangeland conditions of some districts should be handled in more detail. When the rangeland conditions determined by the number of observed species, not the grass yield per unit area, were evaluated alone, the rangeland condition of Çan was determined as *poor*. Whereas, AHP, TOPSIS, VIKOR rankings and Gökkuş et al. (2011) and Gökkuş (2020) stated that Çan is at the top of the ranking. Therefore, with this study, it is recommended to support similar studies (determination of rangeland condition) with MCDM methods. In this study, classical MCDM methods were studied. The study data were obtained by experimentation, not by the personal evaluations of the decision makers. In future studies, it is planned to study fuzzy MCDM methods for different types of fuzzy numbers with experimental data.

¥: This study was presented orally at Applied Statistics Congress (UYİK 2022).

### Conflict of Interest




The authors have declared that there is no conflict of interest.

## REFERENCES

- AKYÜZ, G. A. 2012. Supplier selection with the fuzzy VIKOR method. *Ataturk University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 26(1), 197-215 (Turkish).
- Altın, M., A. Gökkuş and A. Koç. 2011. *Meadow and Rangeland Management (Volume 2)*. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Agricultural Production and Development. Ankara (Turkish).
- Deng, H., Yeh, C. H., and Willis, R. J., 2000. Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers & Operations Research*, 27(10), 963-973.
- Fatih, E. and Küçük, O., 2008. Analytical hierarchy method in supplier selection and an application. *Journal of Atatürk University Social Sciences Institute*, 11(1), 355-369 (Turkish).
- Gökkuş, A., 2020. A Review on the Factors Causing Deterioration of Rangelands in Turkey. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 1(1), 28-34.
- Gökkuş, A., Alatürk, F. and Özaslan Parlak, A., 2011. The importance of grassing areas in livestock in Çanakkale. *Canakkale Agriculture Symposium (past, present and future)*.
- Hwang, C. L. and Yoon, K., 1981. Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191). Springer, Berlin, Heidelberg.
- İlbahar, E., Kahraman, C., and Cebi, S., 2022. Risk assessment of renewable energy investments: A modified failure mode and effect analysis based on prospect theory and intuitionistic fuzzy AHP. *Energy*, 239, 121907.
- Koç, A., Gökkuş, A., Güllap, M.K., Erkovan, H. İ. and Sürmen, M., 2021. Changes in Rangeland Condition and Health of Palandoken Mountain Rangelands Over two Decades. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2 (2), 37-43. DOI: 10.51801/turkjrf.987396
- Kubler, S., Robert, J., Derigent, W., Voisin, A. and Le Traon, Y., 2016. A state-of-the-art survey & testbed of fuzzy AHP (FAHP) applications. *Expert Systems with Applications*, 65, 398-422.
- Kizielewicz, B. and Bączkiewicz, A., 2021. Comparison of Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Fuzzy WASPAS and Fuzzy MMOORA methods in the housing selection problem. *Procedia Computer Science*, 192, 4578-4591.
- Kwiesielewicz, M. and Van Uden, E., 2004. Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP. *Computers & Operations Research*, 31(5), 713-719.
- Lashgari, S., Antuchevičienė, J., Delavari, A. and Kheirkhah, O., 2014. Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies. *Journal of Business Economics and Management*, 15(4), 729-743.

- Opricovic, S. and Tzeng, G.H., 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156(2), 445-455.
- Opricovic, S. and Tzeng, G. H., 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European journal of operational research*, 178(2), 514-529.
- Opricovic, S., 2011. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12983-12990.
- Özden, Ü. H., 2011. Ranking of European Union member and candidate countries according to economic indicators by Topsis method. *Trakya University Journal of Social Sciences*, 13(2), 215-236 (Turkish).
- Özbek, A., 2013. Performance evaluation of learning management system. *NWSA-Education Sciences*, 8(2), 164-178.
- Özbek, A. and Eren, T., 2013. Multiple criteria decision making methods for selecting third party logistics firms: A literatur review. *Sigma*, 31, 178-202.
- Özbek, A., 2017. Multi-criteria decision making methods and problem solving with excel. Seçkin Publishing, Ankara (Turkish).
- Özbek, A., 2019. ORDERING THE PROVINCES IN TURKEY ACCORDING TO LIFEABILITY CRITERIA AND EDAS AND WASPAS METHODS. *Kırıkkale University Journal of Social Sciences*, 9(1), 177-200 (Turkish).
- Paksoy, T., Pehlivan, N. Y. and Kahraman, C., 2012. Organizational strategy development in distribution channel management using fuzzy AHP and hierarchical fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2822-2841.
- Saaty, T. L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A. and Dlala, M., 2020. GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017.
- Sürmen, M. and Kara E., 2018. Yield and quality characteristics of pasture vegetation with different slopes in Aydın province ecological conditions.. *Derim*, 35(1), 67-72 (Turkish).
- Wind, Y. and Saaty, T. L., 1980. Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 26(7), 641-658.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. and Zakarevicius, A., 2012. Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, 122(6), 3-6.

## Yoncanın Kurutulmasında Farklı Kurutma Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi

Serkan KARPUZCU<sup>1</sup> , Mahmut KAPLAN<sup>2</sup> , Necati ÇETİN<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kayseri

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kayseri

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara

\*Sorumlu Yazar: [necati.cetin@ankara.edu.tr](mailto:necati.cetin@ankara.edu.tr)

Geliş Tarihi: 07.12.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 22.05.2023 Kabul Tarihi: 23.05.2023

### ÖZ

Hayvancılıkta en önemli yem kaynaklarından birisi olan yoncanın biçildikten sonra besinsel yapısının uzun süre korunması için nem içeriğinin uygun seviyelere düşürülmesi gerekmektedir. Son yıllarda artan çevre sorunları sebebiyle yonca kurutma için yapılacak işlemin çevreye dost bir yöntem olmasına özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, yonca kurutmada farklı kurutma yöntemlerinin CO<sub>2</sub> emisyonlarının etkisinin belirlenmesi ve karşılaştırılmasıdır. Çalışmada mikrodalga (100 W, 200 W, 300 W), konvektif (60 °C, 80 °C, 100 °C), hibrit (konvektif+mikrodalga: 200 W+60 °C, 200 W+80 °C) ve dondurarak kurutma yöntemleri ele alınmış ve bu yöntemlerin rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal santrallere göre CO<sub>2</sub> emisyonları belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu değeri jeotermal enerji santralinde 72.62 g kg<sup>-1</sup> ile 300 W mikrodalga kurutmada elde edilmiştir. En düşük emisyon değeri ise rüzgâr enerji santralinde 2.14 g kg<sup>-1</sup> ile 60 °C konvektif kurutmada belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek emisyon sonuçları jeotermal enerji santrali için, en düşük sonuçlar ise rüzgâr enerji santrali için bulunmuştur. Çalışmada mikrodalga gücünün ve kurutma sıcaklığının CO<sub>2</sub> emisyonunu arttırdığı ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Yonca, kurutma, yem, CO<sub>2</sub> emisyonu, özgül enerji.

## The Effect of Different Dryers on Greenhouse Gas Emissions in the Drying of Alfalfa

### ABSTRACT

In order to preserve the nutrient properties of alfalfa, which is one of the most important feed sources in livestock, for a long time after harvesting, the moisture content must be reduced to appropriate levels. In recent years, due to the increasing environmental problems, it is necessary to special attention to the fact that the process of drying alfalfa is an environmentally friendly method. The aim of this study is to determine and compare the effects of different drying methods on CO<sub>2</sub> emissions in alfalfa drying. In the study, microwave (100 W, 200 W, 300 W), convective (60 °C, 80 °C, 100 °C), hybrid (convective+microwave: 200 W+60 °C, 200 W+80°C), and freeze-drying methods were used, and CO<sub>2</sub> emissions of these methods were determined according to wind, solar, hydroelectric, and geothermal power plants. According to the results, the highest CO<sub>2</sub> emission value was obtained in the geothermal power plant with 72.62 g kg<sup>-1</sup> in 300 W microwave drying. The lowest emission value was determined at 60 °C convective drying with 2.14 g kg<sup>-1</sup> in the wind power plant. In general, the highest emission results were found for the geothermal power plant, while the lowest results were found for the wind power plant. In the present study, it was revealed that microwave power and drying temperature increased CO<sub>2</sub> emissions.

**Key words:** Alfalfa, drying, feed, CO<sub>2</sub> emission, specific energy.

## GİRİŞ

Yonca (*Medicago sativa* L.), yüksek miktarda ve kalitede ot vermesi, biçim sayısının fazla olması, farklı iklim koşullarına karşı yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip olması, toprak yapısını koruması ve düşük kurulum maliyetine sahip olması gibi özelliklerinden dolayı “yemlerin kraliçesi” olarak bilinmektedir (Kamalak ve ark., 2005; Akmal ve ark., 2011). Yonca, hayvancılık için kolay, ucuz ve zengin bir ham protein kaynağı olması yanında yüksek sindirilebilirliğe sahiptir (Radovic ve ark., 2009). Ayrıca mineral, vitaminler ve karoten ve tümü bileşik yem maddelerinde değerli olan ksantofiller gibi diğer pigmentlerden bakımından da oldukça zengindir (Siles ve ark., 2015).

Kurutma işlemi, yonca otunun besin kalitesini ve görünümünü etkileyebilir (Zheng ve ark., 2005). Kurutma sırasında örnekler besin değerleri gibi kalite özelliklerini etkileyen fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğramaktadır (Deng ve ark., 2019). Yüksek hava sıcaklığına uzun süre maruz kalmak, renk kaybı, ısıya duyarlı besinler gibi ürün kalitesinde önemli bozulmalara neden olabilir (Zielinska ve Markowski, 2016). Yüksek kaliteli ve homojen bir ürün elde etmek için, hasat edilen yoncanın, güvenli depolanması için mümkün olduğunca hızlı bir şekilde kurutulması gerekmektedir (Zheng ve ark., 2005).

Kurutma işleminde esas amaç, maksimum nem giderme için minimum miktarda enerji kullanmaktır (Barati ve Esfahani, 2010). Farklı tarım ve gıda ürünlerini kurutma işlemi büyük miktarda enerji gerektirmektedir. Hasat sonrası işleme ve kurutma gibi işlemler için elektrik enerjisi başlıca gider durumundadır. Tarımsal kurutucuların yüksek enerji tüketiminin yanı sıra sera gazı emisyonları ve çevresel etkileri de önemlidir (Kaveh ve ark., 2020). Son yıllarda hibrit kurutma teknikleri, enerji tasarrufu sağlaması, nihai ürün kalitesini iyileştirmesi, renk aroma ve koku özelliklerini koruması gibi sebeplerle oldukça popüler hale gelmiştir (Zia ve Alibas, 2021; Çetin ve Sağlam, 2022). Çeşitli kurutma teknikleri arasında dondurarak kurutma ise en iyi nihai ürün kalitesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, yüksek işletme maliyetleri ve nispeten daha uzun kurutma süreleri, bu yöntemin dezavantajlarından (Hsu, vd., 2003).

Santrallerin yaydığı kirleticiler iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Fosil yakıtların tüketimi, dünya atmosferinde Sera Gazlarına (GHG) neden olan duman üretmektedir. Fosil yakıtların kontrolsüz kullanımı nedeniyle dünya genelinde artan sera gazı emisyonları küresel ısınma, çölleşme, sel yağmurları, asit yağmurları, iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incilmesi, artan su seviyesi ve çevre üzerindeki diğer etkiler gibi olumsuz etkilere yol açmış ve sonuç olarak insan yaşamı üzerinde olumsuz etkiler bırakmıştır (Kaveh ve ark., 2020). Tarımsal kurutma sistemlerinin enerji etkinliği açısından değerlendirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu sistemlerin sera gazı emisyonlarına etkisinin bulunduğu çalışma sayısı çok kısıtlıdır (Motevali ve ark., 2014; Tripathy, 2015; Motevali ve ark., 2017; Kaveh ve ark., 2020; Gökalp ve Çetin, 2022). Bu çalışmada, mikrodalga, konvektif, hibrit ve dondurarak kurutma yöntemlerinin toplam enerji kullanımına bağlı rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal enerji santralleri için sera emisyonu değerleri belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışmada Magnum yonca çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Yonca birinci biçimde ve %10 çiçeklenme döneminde hasat edilmiştir. Bitkiler yaklaşık 10-12 cm yükseklikten kesme makineleri kullanılarak hasat edilmiştir. Kurutma yapmadan önce bitkilerde homojenlik sağlamak amacıyla iyice karıştırılmış ve fiziksel olarak temizliği kontrol edilmiştir. Kurutma esnasında yonca örnekleri +4 °C’de ve %90 nispi nemde buz dolabında muhafaza edilmiştir. Örneklerin ilk nem içeriğinin belirlenmesi için, 100 gramlık örnekler 3 tekerrürlü olarak 70 °C sıcaklıktaki fırında 24 saat kurutulmuş ve ortalama nem içeriği değerleri belirlenmiştir (AOAC, 1990).

### Kurutma yöntemleri

Numunelerin nem değeri denge nemine ulaşmaya kadar kurutma işlemi devam ettirilmiştir. Kurutma işlemleri için kullanılan yöntemler; mikrodalga (100 W, 200 W, 300 W), konvektif (60 °C, 80 °C, 100 °C), hibrit (konvektif+mikrodalga: 200 W+60 °C, 200 W+80 °C) ve dondurarak kurutmadır. Mikrodalga, konvektif ve hibrit kurutma işlemleri 0.5 m s<sup>-1</sup> hava hızında yürütülmüştür. Yoncaların kurutulması için konvektif ve mikrodalga özelliklere sahip hibrit bir fırın (Arçelik KMF 833 I, Turkey) kullanılmıştır. Hibrit fırında mikrodalga ve konvektif özellikler aynı anda kullanılabilir. Mikrodalgalar fırının içinde üst kısmından yayılmaktadır. Fırın 2.465 MHz frekansa ve 900 W çıkış gücüne sahiptir. Ayrıca ortam sıcaklığı 40 °C’den 280 °C’ye kadar ayarlanabilir yapıdadır. Fırın, hava sirkülasyonu için bir fan ve numuneleri tutan delikli poliamid platformlar ve tepsileri içermektedir. Dondurarak kurutma için kullanılan liyofilizatör (Teknosem Toros TRS 2/2 V, Türkiye) 10<sup>-3</sup> mbar basınç altında, -55 °C’de kondanser sıcaklığında çalışmaktadır. Kondanser hacmi 5.8 lt, vakum pompası kapasitesi 5.4 m<sup>3</sup>tür. Cihaz 24 saatte 2.5 kg buz tutma kapasitesine sahiptir. Dondurarak kurutma işleminden önce ürünler tartılmış ve

ultra-düşük sıcaklıklı dondurucuda -80 °C'de (VWR Symphony Model 414005-087, ABD) 24 saat muhafaza edilmiştir (Pinar ve ark., 2021).

### Enerji ve sera gazı emisyonu hesaplamaları

Kurutucuların enerji tüketimi değerleri belirlenirken dijital bir wattmetreden (Tt Technic PM-001, Türkiye) yararlanılmıştır (Çetin, 2022). Özgül enerji tüketimi (SEC), numuneden bir birim suyu buharlaştırmak için gereken enerjiyi göstermekte olup Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır.

$$SEC = \frac{E_c}{m_w} \quad (1)$$

Burada,  $E_c$  sistemin tükettiği enerji miktarını,  $m_w$  ise üründen buharlaşan suyun ağırlığını (kg) temsil etmektedir.

Farklı kurutucuların ihtiyaç duyduğu enerji, toplam enerji denklemi kullanılarak belirlenebilir. Bu (elektrik) enerji, santrallerden tüketim noktalarına dağıtım şebekesi aracılığıyla sağlanır. Üretilen gücün bir kısmının, güç kaynağı şebekelerinde ve trafo merkezlerinde ısı olarak kaybolduğuna dikkat edilmelidir. Güç tüketimindeki kayıpların toplam payı dahil edilerek bir santralde 1 kW elektrik üretimi için gerekli olan birincil enerji (fosil yakıt) elde edilebilir. Şebeke ve trafo merkezlerindeki kayıpların toplam payı %14.2'dir. Ayrıca, santrallerin ortalama iç tüketimi yaklaşık %3.5'tir (Turkey EnergyBalance-Sheet, 2016). Kurutucu uygulamaları için gerekli toplam enerji santrali üretimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilebilir. Tüm kurutucular için  $\eta_{toplam}$  değeri 1.22 olarak alınmıştır (Motevali ve Kolor, 2017; Gökalp ve Çetin, 2022).

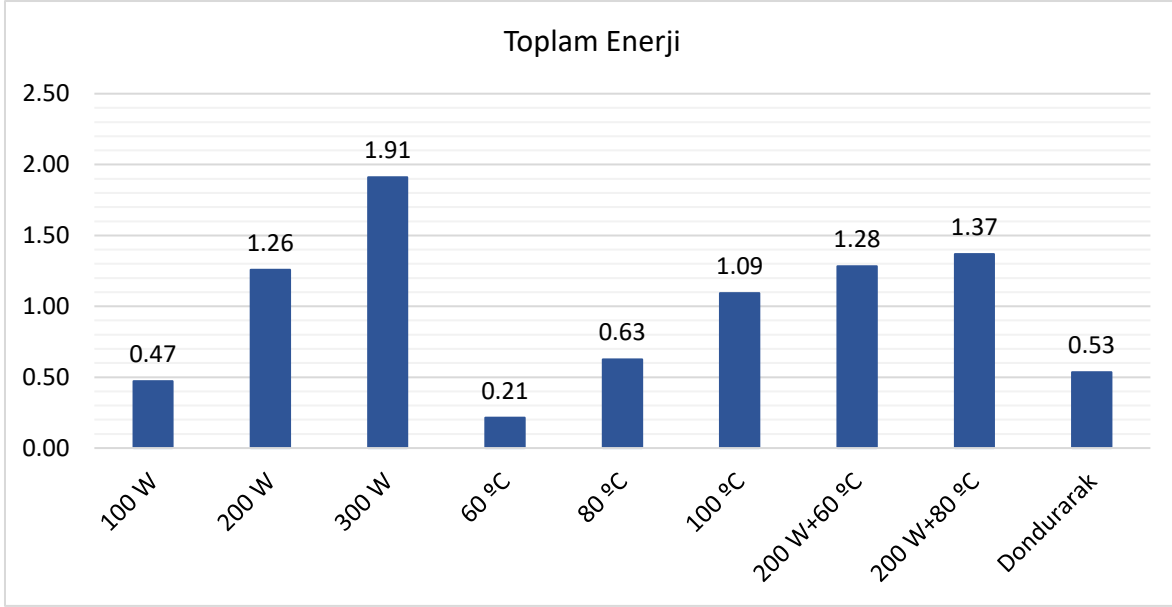
$$Toplam\ Enerji = \frac{SEC}{\eta_{toplam}} = \frac{SEC}{\eta_{santral} + \eta_{dağıtım}} \quad (2)$$

Farklı tesisler için 1 kg elektrik üretimi başına sera gazı emisyonları Sovacool (2008) tarafından rapor edilen sera gazı üretim faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kurutma işleminin elektrik tüketimine dayalı olarak sera gazı emisyonlarını hesaplamak için dolaylı yöntemin kullanıldığına dikkat edilmelidir. Portakalın kurutulması sırasında 1 kg suyun uzaklaştırılması için farklı santrallerde üretilen enerji miktarını bulmak için öncelikle her bir deneysel işlemin enerji ihtiyacı belirlenmek gerekir. Kurutma sistemi (termal ve mekanik) için deneysel işlemlerin ve ön işlemlerin enerji gereksinimleri belirlendikten sonra, santralden tüketim noktasına kadar elektrik iletim faktörü seçilmiştir. Toplam elektrik üretiminin belirlenmesinde santrallerin iç tüketim faktörü kullanılmıştır. Daha sonra, 1 kWh elektrik tüketimi başına kirletici emisyonları hesaplamak için kullanıldı. Türkiye, büyük sera gazı emisyonlarına sahip ülkelerden biridir ve enerji santralleri genellikle rüzgâr, güneş, hidroelektrik çevrim ve jeotermal türlerinden biri olup bu kaynakların elektrik üretim sistemlerinde ortalama sera gazı emisyonu değerleri sırasıyla 10, 23, 26 ve 38 gCO<sub>2</sub>e kWh<sup>-1</sup>'dir (Sovacool, 2008; Melikoglu, 2013). Bu nedenle, GHG emisyonu tahminlemelerinde bu değerler dikkate alınmıştır. Ayrıca, konvektif, mikrodalga ve hibrit yöntemlerin alan kapasitesi 0.12 m<sup>2</sup>, dondurarak kurutma yönteminin ise 0.36 m<sup>2</sup>'dir.

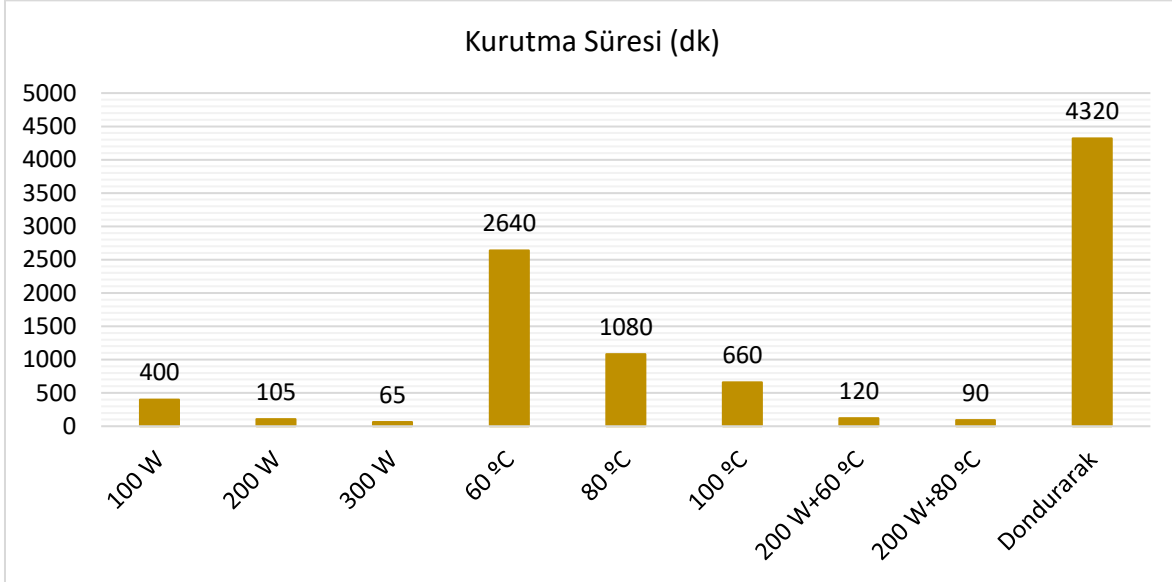
### BULGULAR ve TARTIŞMA

Kurutma yöntemlerinin özgül enerji tüketimi ve  $\eta_{toplam}$  özellikleri dikkate alınarak hesaplanan toplam enerji miktarları Şekil 1'de, kurutma süreleri ise Şekil 2'de sunulmuştur. En yüksek değer 300 W (1.91) mikrodalga kurutmada elde edilirken, bunu 200 W+80 °C (1.37) hibrit kurutma izlemiştir. Bununla birlikte en düşük toplam enerji değerleri 60 °C (0.21) konvektif ve dondurarak (0.53) kurutmada hesaplanmıştır. Çalışmada en yüksek kurutma süresi 4320 dk ile dondurarak kurutmada, en düşük kurutma süresi ise 65 dk ile 300 W kurutmada elde edilmiştir.

Çalışmada, 1 kg yonca kurutmak için farklı kurutucuların ve rüzgâr ve güneş enerji santrallerinin en yüksek ve en düşük CO<sub>2</sub> emisyonları Çizelge 1'te verilmiştir. Rüzgâr enerji santrali için en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu değeri 19.11 g kg<sup>-1</sup> ile 300 W mikrodalga kurutmada meydana gelirken, en düşük değer ise 2.14 g kg<sup>-1</sup> ile 60 °C konvektif kurutmada meydana gelmiştir. Güneş enerji santrali için en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu değeri 43.95 g kg<sup>-1</sup> ile 300 W mikrodalga kurutmada belirlenirken, en düşük değer ise 4.93 g kg<sup>-1</sup> ile 60 °C konvektif kurutmada belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma sistemleri arasında 100 W, 200 W ve 300 W için CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri rüzgâr enerji santrali için sırasıyla 4.73 g kg<sup>-1</sup>, 12.57 g kg<sup>-1</sup> ve 19.11 g kg<sup>-1</sup>, güneş santrali için sırasıyla 10.87 g kg<sup>-1</sup>, 28.92 g kg<sup>-1</sup> ve 43.95 g kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Konvektif kurutma sistemlerinde CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri 60 °C, 80 °C ve 100 °C için sırasıyla rüzgâr enerji santrali için 2.14 g kg<sup>-1</sup>, 6.25 g kg<sup>-1</sup> ve 10.92 g kg<sup>-1</sup>, güneş enerji santrali için 4.93 g kg<sup>-1</sup>, 14.38 g kg<sup>-1</sup> ve 25.12 g kg<sup>-1</sup> olarak ortaya konulmuştur.



Şekil 1. Tüm kurutma yöntemleri için kullanılan toplam enerji miktarları



Şekil 2. Tüm kurutma yöntemleri için kurutma süreleri

Çizelge 1. Bir kg ürün için rüzgâr ve güneş santrallerinin sera gazı emisyonları ( $\text{g kg}^{-1}$ )

Kurutma Yöntemi	Rüzgâr	Güneş
100 W	4.73	10.87
200 W	12.57	28.92
300 W	19.11	43.95
60 °C	2.14	4.93
80 °C	6.25	14.38
100 °C	10.92	25.12
200 W+60 °C	12.84	29.53
200 W+80 °C	13.69	31.49
Dondurarak	5.34	12.29

Çalışmada, 1 kg yonca kurutmak için farklı kurutucuların ve hidroelektrik ve jeotermal enerji santrallerinin en yüksek ve en düşük CO<sub>2</sub> emisyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Mevcut çalışmada, hidroelektrik enerji santrali için en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu değeri 49.68 g kg<sup>-1</sup> ile 300 W mikrodalga kurutmada elde edilirken bunu 35.60 g kg<sup>-1</sup> ile 200 W+80 °C hibrit kurutma izlemiştir. Bu sistem için hesaplanan en düşük değer ise 5.57 g kg<sup>-1</sup> ile 60 °C konvektif kurutmada olmuştur. Jeotermal enerji santrali için en yüksek emisyon değeri 72.62 g kg<sup>-1</sup> ile yine 300 W mikrodalga kurutmada olurken, en düşük değer ise 8.14 g kg<sup>-1</sup> ile 60 °C konvektif kurutmada meydana gelmiştir. Mikrodalga kurutma sistemleri arasında 100 W, 200 W ve 300 W için CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri hidroelektrik enerji santrali için sırasıyla 12.29 g kg<sup>-1</sup>, 32.69 g kg<sup>-1</sup> ve 49.68 g kg<sup>-1</sup>, jeotermal santrali için sırasıyla 17.96 g kg<sup>-1</sup>, 47.78 g kg<sup>-1</sup> ve 72.62 g kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Konvektif kurutma sistemlerinde CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri 60 °C, 80 °C ve 100 °C için sırasıyla hidroelektrik enerji santrali için 5.57 g kg<sup>-1</sup>, 16.26 g kg<sup>-1</sup> ve 28.39 g kg<sup>-1</sup>, jeotermal enerji santrali için 8.14 g kg<sup>-1</sup>, 23.76 g kg<sup>-1</sup> ve 41.50 g kg<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır. Mikrodalga çıkış gücü arttıkça CO<sub>2</sub> değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Benzer bir eğilimin konvektif kurutmada yönteminde sıcaklık artışına bağlı olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. Bir kg ürün için hidroelektrik ve jeotermal santrallerinin sera gazı emisyonları (g kg<sup>-1</sup>)

Kurutma yöntemi	Hidroelektrik	Jeotermal
100 W	12.29	17.96
200 W	32.69	47.78
300 W	49.68	72.62
60 °C	5.57	8.14
80 °C	16.26	23.76
100 °C	28.39	41.50
200 W+60 °C	33.38	48.79
200 W+80 °C	35.60	52.03
Dondurarak	13.89	20.30

Tüm sistemler değerlendirildiğinde en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri jeotermal enerji santrali için hesaplanırken, en düşük değerler ise rüzgâr enerji santrali için bulunmuştur. Mevcut çalışmada mikrodalga gücü ve kurutma sıcaklığı artışı CO<sub>2</sub> emisyonunu da artırmıştır. Çoğu tarım ürününün kurutulmasında yaygın olan konvektif kurutma, daha düşük enerji ve kurutma verimliliği ile daha fazla kurutma süreleri gerekmektedir. Bu nedenle, konvektif kurutmanın dünyadaki sera gazı emisyonlarının büyük bir payına sahip olduğu sonucuna varılabilir (Motevali ve ark., 2014). Rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal gibi farklı enerji santrallerinin sonuçları analiz edildiğinde, rüzgâr santrallerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını diğer santrallere göre önemli ölçüde düşük sonuçlar verdiği görülmektedir. Mikrodalga, konvektif ve vakumlu kurutucuların verimleri yüksek olmasına rağmen konvektif kurutuculara göre daha fazla sera gazı emisyonuna sebep olabilir. Konvektif kurutucular, mikrodalga ve kızılötesi gibi diğer kurutma teknikleriyle birleştirildiğinde daha iyi verim sağlayarak daha az sera gazı emisyonuna yol açabilir (Motevali ve ark., 2014).

Motevali ve Kolor (2017), kuşburnu kurutmada 40, 50 ve 60 °C konvektif kurutmada CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinin kombine çevrim santrali için 6539.17 g kg<sup>-1</sup> ile 16419.18 g kg<sup>-1</sup> arasında, buhar santrali için 915.48 g kg<sup>-1</sup> ile 27057.32.18 g kg<sup>-1</sup> değiştiğini bildirmişlerdir. Kaveh ve ark. (2020), atlas sakızı örneklerinin 40, 55, 70 °C konvektif kurutmada en düşük emisyonları 70 °C, en yüksek emisyonları 40 °C rapor etmişlerdir. Tripathy (2015), güneş enerjisi destekli bir kurutucuda patates dilimlerinin ve silindirlerin kurutulması için özgül enerji tüketimi değerlerini sırasıyla 6.935 ve 6.538 MJ kg<sup>-1</sup> olarak bildirmiştir. Ayrıca patates dilimlerini kurutmak için kullanılan üç farklı santralden (kömür, motorin ve doğalgaz) kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerini ise 1.44x10<sup>4</sup>, 9.47x10<sup>3</sup> ve 4.74x10<sup>3</sup> ton olarak ortaya koymuştur. Gökalp ve Çetin (2022), portakal kurutmada, rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal gibi farklı santraller için CO<sub>2</sub> emisyonunu incelemişler ve rüzgâr santrallerinin diğer santrallere göre önemli ölçüde daha düşük sera gazı emisyonları ürettiğini bildirmişlerdir. Sera gazı emisyonlarındaki artış düşük sıcaklıkta kurutma sırasında daha yüksek SEC ile açıklanmaktadır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada yonca kurutma için mikrodalga, konvektif, hibrit ve dondurarak kurutma koşullarına ait CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri belirlenmiştir. Bulgulara göre, mikrodalga gücü ve kurutma sıcaklığı arttıkça CO<sub>2</sub>

emisyonlarının da arttığı belirlenmiştir. Genellikle en yüksek CO<sub>2</sub> değerleri mikrodalga kurutmanın olduğu sistemlerde meydana gelmiştir. En düşük değerler ise 60 °C konvektif kurutmada elde edilmiştir. Dondurarak kurutmada yüksek emisyon değerleri, uzun kurutma süreleri dolayısıyla yüksek SEC miktarları ile açıklanabilmektedir. Mevcut bulgular, konvektif ve dondurarak kurutma sistemlerinin sera gazı emisyonu açısından ve daha makul sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların ve analizlerin sera gazı emisyonu açısından yüksek enerji tüketiminde üretim yapan gıda işleme sektörüne ve ilgili araştırmacıların muhtemel çalışmalarına katkı sunacaktır. İlerde yapılacak çalışmalar için farklı kapasiteli kurutucuların ve farklı enerji santrallerinin denenmesi önerilebilir.

**Teşekkür:** Yazarlar Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine FYL-2021-11354 kodlu proje desteği için teşekkür ederler.

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

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

## KAYNAKLAR

- Akmal, M., Uzma, F. ve Asim, M. 2011. Crop growth in early spring and radiation use efficiency in alfalfa. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1): 635-641.
- AOAC (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, vol II, 15th edn. Sec. 985.29. The Association, Arlington, VA, USA.
- Barati, E. ve Esfahani, J.A. 2010. Mathematical modeling of convective drying: lumped temperature and spatially distributed moisture in slab. *Energy*, 36: 2294e301.
- Çetin, N. 2022. Comparative assessment of energy analysis, drying kinetics, and biochemical composition of tomato waste under different drying conditions. *Scientia Horticulturae*, 305: 111405.
- Çetin, N., ve Sağlam, C. 2022. Rapid detection of total phenolics, antioxidant activity and ascorbic acid of dried apples by chemometric algorithms. *Food Bioscience*, 47: 101670.
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., Gao, Z.J. ve Xiao, H. W. 2019. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9): 1408-1432.
- Gökalp, Z. ve Çetin, N. 2022. Evaluation of GGE of different process for drying orange slices. *Current Trends in Natural Sciences*, 11(21): 170-175.
- Hsu, C. L., Chen, W., Weng, Y. M., ve Tseng, C. Y. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 83(1): 85-92.
- IEA, 2015. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion IEA statistics highlights. In: International Energy Agency, 2015 Edition. 9 rue de la Federation 75739 Paris Cedex 15, France.
- Kamalak, A., Canbolat, O., Erol, A., Kilinc, C., Kizilsimsek, M., Ozkan, C. O. ve Ozkose, E. 2005. Effect of variety on chemical composition, in vitro gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. *Livestock Research for Rural Development*, 17(7): 1-7.
- Kaveh, M., Chayjan, R.A., Taghinezhad, E., Sharabiani, V.R. ve Motevali, A. 2020. Evaluation of specific energy consumption and GHG emissions for different drying methods (Case study: *Pistacia Atlantica*). *Journal of Cleaner Production*, 259: 120963.
- Melikoglu, M. 2013. Vision 2023: Forecasting Turkey's natural gas demand between 2013 and 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22: 393-400.
- Motevali, A., Minaei, S., Banakar, A., Ghobadian, B. ve Khoshtaghaza, M.H., 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. *Energy Conversion and Management*, 87: 711e725.
- Motevali, A. ve Kolor, R.T. 2017. A comparison between pollutants and greenhouse gas emissions from operation of different dryers based on energy consumption of power plants. *Journal of Cleaner Production*, 154: 445-461.
- Pinar, H., Çetin, N., Ciftci, B., Karaman, K. ve Kaplan, M. 2021. Biochemical composition, drying kinetics and chromatic parameters of red pepper as affected by cultivars and drying methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102: 103976.
- Radovic, D.J., Sokolovic, J. ve Markovic, J. 2009. Alfalfa-Most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6): 465-475.
- Siles, J. A., González-Tello, P., Martín, M. A. ve Martín, A. 2015. Kinetics of alfalfa drying: Simultaneous Modelling of moisture content and temperature. *Biosystems Engineering*, 129: 185-196.



- Sovacool, B. K. 2008. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy*, 36(8): 2950-2963.
- Tripathy, P. P. 2015. Investigation into solar drying of potato: effect of sample geometry on drying kinetics and CO<sub>2</sub> emissions mitigation. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1383-1393.
- Zheng, X., Jiang, Y. ve Pan, Z. 2005. Drying and quality characteristics of different components of alfalfa. In 2005 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Zia, M. P., ve Alibas, I. 2021. The effect of different drying techniques on color parameters, ascorbic acid content, anthocyanin and antioxidant capacities of cornelian cherry. *Food Chemistry*, 364: 130358.
- Zielinska, M. ve Markowski, M. 2016. The influence of microwave-assisted drying techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 196: 1188-1196.

## Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Bazı Kalite Özellikleri Yönünden Trakya Bölgesine Adaptasyonunun İncelenmesi

Levent GÜLHAN<sup>1\*</sup> , Mevlüt AKÇURA<sup>2</sup> , İrfan ÖZTÜRK<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı  
Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale

<sup>3</sup>Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü-Edirne

\*Sorumlu Yazar: zeybek10@hotmail.com

Geliş Tarihi: 29.03.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 05.07.2023 Kabul Tarihi: 11.07.2023

### ÖZ

Bu araştırma Trakya Bölgesinde 2 yıl 7 çevrede yetiştirilen 14 adet ekmeklik buğday genotipinde bazı kalite özelliklerinde genotip x çevre etkileşimlerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada kalite özellikleri olarak bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, protein oranı, sedimantasyon testi, gluten indeksi ve gluten oranı incelenmiştir. Elde edilen sonuçların yorumlanmasında GGE-biplot analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her bir özellik için poligon biplotlar oluşturulmuştur. GGE-biplot analizi bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, protein oranı, sedimantasyon testi, gluten indeksi ve gluten oranında toplam varyasyonu sırasıyla, %84,86, %78,24, %71,71, %81,60, %75,82 ve %75,19 oranında açıklamıştır. Deneme çevrelerinin çoğunluğunda bin tane ağırlığında G12, Aldane ve G17, hektolitreye ağırlığında G4 ve Gelibolu, protein oranında, Aldane, G17, Saban ve G12, sedimantasyon testinde Aldane, G9, G20, G12 ve G14, gluten indeksinde Gelibolu, G14 ve G8, gluten oranında ise G9, Saban ve G21 iyi uyum sağlayan genotipler olmuştur. İncelenen kalite özelliklerinin tamamı üzerinden değerlendirme yapıldığında hatlar arasında G9 ve G12 diğer genotiplerden daha üstün değerlere sahip olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Ekmeklik buğday, kalite özellikleri, adaptasyon, GGE-biplot.

## Investigation of the Adaptation of Some Bread Wheat Genotypes to the Thrace Region in Terms of Some Quality Traits

### ABSTRACT

In this research, 14 bread wheat genotypes grown in 7 environments for 2 years in the Thrace Region was investigated for genotype x environment interactions in some quality characteristics. As quality characteristics, the research examined at thousand grain weight, hectoliter weight, protein ratio, sedimentation test, gluten index, and gluten ratio. The findings were evaluated using GGE-biplot analysis method. For each characteristic in this technique, polygon biplots were produced. The results of a biplot analysis of thousand kernel weight, test weight, protein ratio, sedimentation test, gluten index, and gluten ratio showed that, respectively, 84.86%, 78.24%, 71.71%, 81.60%, 75.82%, and 75.19% of the total variation. G12, Aldane, and G17 in thousand kernel weight, G4 as well as Gelibolu in test weight, Aldane, G17, Saban, and G12 in protein content, G9, G20, G12, and G14 in sedimentation test, Gelibolu, G14, and G8 in gluten index, and G12, Aldane, and G17 in protein content were the genotypes that best fit in the most of the trial environments. When all of the examined quality characteristics were considered, the genotypes G9 and G12 among the lines performed better than the other genotypes.

**Key words:** Bread wheat, quality traits, adaptation, GGE-biplot.

## GİRİŞ

Buğday ıslahçıları ıslah programlarında kaliteli genotipleri geliştirmek için çok sayıda genotipi farklı kalite özellikleri yönünden değerlendirmektedir (Mulugeta ve ark., 2022). Farklı deneme çevrelerinde yürütülen ıslah çalışmalarında doğru genotipleri doğru özellik yönünden seçim yapabilmesinde ıslahçıları en fazla zorlayan konulardan birisi genotip x çevre interaksiyonları (GÇİ) dir (Devi ve ark., 2022).

Çok çevrede kurulan denemelerden elde edilen kantitatif verilerde GÇİ'nin değerlendirilmesi ıslahçıları için en önemli problemlerdendir (Malosetti ve ark., 2013). ıslahçıları çok çevrede yürüttükleri denemelerde incelenen özellikleri değerlendirmek için çok farklı istatistik yöntemler geliştirmişlerdir (Kaya ve Akçura, 2014). Bu istatistik yöntemler parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak gruplandırılır (Mohamed ve ark., 2022). GGE biplot tekniği olarak adlandırılan teknik, çok çevrede kurulan denemelerden elde edilen verilerin genotip (G) ve çevre etkisini (Ç) ile genotip x çevre interaksiyonunu (GÇİ) görsel olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Yan ve ark., 2007). Bu teknikte, genotiplerin performans ortalamaları ve deneme çevrelerindeki kararlılığı birleştirilir ve bunları grafiksel olarak değerlendirilen bir kritere dönüştürülür. GGE biplot yöntemi, genotip ve çevre interaksiyonunu diğer yöntemlere göre daha etkin değerlendirmeyi sağlar. Diğer parametrik yöntemlerde sadece genotiplerin stabiliteyi incelenirken, GGE biplot yönteminde hangi genotipin, hangi çevreye uyum sağladığı, hangi genotipin tüm deneme çevrelerinde performansının nasıl değişim gösterdiği vb. sorularının cevaplanabilmesi söz konusudur. Özellikle 2000'li yıllardan sonra GGE-biplot tekniği bitki ıslahçıları tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Mahmodi ve ark., 2011; George ve Lundy 2019; Chairi ve ark., 2020; Rani ve ark., 2022).

Buğday ıslah çalışmalarında araştırmacılar farklı çevrelerde yürüttükleri denemelerde geliştirmek istedikleri çeşit adaylarının kullanım amaçlarına bağlı olarak farklı kalite özelliklerini kullanılmaktadır (Vida ve ark., 2021). Bu özellikler içerisinde protein oranı, gluten oranı, gluten indeksi, sedimantasyon testi, hektolitreye ağırlığı ve bin tane ağırlığı en yaygın kullanılanlardandır (Bosi ve ark., 2022).

Buğdayda protein oranına genetik ve çevresel faktörler (toprak verimliliği, yetiştirme teknikleri ve iklim şartları) birlikte etki etmesine rağmen, ıslahla yüksek protein içerikli çeşitleri geliştirmek mümkündür (Topal, 2011). Yüksek proteinli buğdayların su absorpsiyonu ve ekmek hacmi genelde yüksek olmaktadır. Ekmek yapımı için buğday tanesini protein oranının %12'den yüksek olması istenmektedir (Carson ve Edwards, 2009). Gluten oranı protein kalitesinin göstergesidir. Sert buğdayların gluten kalitesi, yumuşak buğdaylara göre genelde yüksektir (Kaya, 2016). Gluten, temelde 2 unsurdan (glutenin ve gliadin) oluşmaktadır. Gluten proteinleri tanedeki proteinlerin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Gluten'in %30'unu gliadinler, %32'sini düşük molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri ve %17'sini ise yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri oluşturmaktadır (Shewry ve ark., 2009). Buğdayda kalite kriterleri içerisinde yaygın kullanılan özelliklerden biriside proteinlerin şişme ve çökmesi ile ilgili olan sedimantasyon değeridir. Yüksek gluten içeriği ve kalitesi, sedimantasyonun daha yavaş oluşmasına ve neticede sedimantasyon değerinin daha yüksek olmasına sebep olmaktadır (Kaya, 2016). Hektolitreye ağırlığı tanenin birim hacim yoğunluğu, şekli ve iriliği hakkında bilgi vermektedir. Buğdayın fiziksel kalite sınıflandırmasında kullanılan temel kriterlerden biridir. Tanesi yuvarlağa yakın olan, kırık ve buruşuk olmayan (dolgun ve bütün), tane nemi ve protein oranı yeterli (protein/nişasta oranı dengeli) olan ve yabancı maddeden arı buğdayların hektolitreye ağırlıkları genelde yüksektir (Kaya, 2016). Tanenin şekli, iriliği, yoğunluğu ve yeknesaklığı başta olmak üzere dolgunluğu (buruşuk olmama) ve bütünlüğü (kırık olmama) bin tane ağırlığını etkileyen en önemli fiziksel tane özellikleri olup, un verimini doğrudan etkilemektedirler (Kaya, 2016). Ovalimsi ve iri taneli buğdayların genelde un verimleri de yüksektir (Evers ve ark., 1990).

Bu çalışma Marmara bölgesinde 7 çevrede 14 ekmeçlik buğday genotipi ile yürütülen denemelerde incelenen 6 kalite özelliğinin (bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, protein oranı, sedimantasyon testi, gluten indeksi ve gluten oranı) GÇİ'nin GGE biplot analizi ile değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL ve METOT

Araştırma Edirne Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait buğday genotiplerinin Trakya Bölgesi koşullarında 2019-2020 yetiştirme sezonunda 3 farklı lokasyon (Lüleburgaz, Tekirdağ, Edirne), 2020-2021 yetiştirme sezonunda 4 farklı lokasyonda (Lüleburgaz, Tekirdağ, Edirne, Keşan) tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak 4 adet ekmeçlik buğday çeşidi (Aldane, Yüksel, Gelibolu ve Saban) ve 10 adet ileri ekmeçlik buğday hattı kullanılarak yürütülmüştür. Denemelerin ekimi 6 sıralı parsel mibzeri ile 500 adet/m<sup>2</sup> tohum alacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Parsel alanı ise ekimde 6,0 m<sup>2</sup> (1,2 m x 5 m) olarak düzenlenmiştir. Ekimle beraber taban gübresi olarak saf madde üzerinden 8 kg N /da + 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde ise 6 kg N /da (saf madde) üst gübre olarak uygulanmıştır. Denemelerde yabancı ot mücadelesi kimyasal yolla yapılmış, hasat ve harman işlemleri biçerdöver ile gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Deneme çevrelerinin toplam yağış ve toprak özellikleri

Yetiştirme Sezonu	Kodu	Lokasyon	Yağış (mm)	Toprak Yapısı
2019/2020	20E	Edirne	396,6	Kumlu-Tınlı
	20L	Lüleburgaz	451,7	Tınlı
	20T	Tekirdağ	412,7	Killi
	21E	Edirne	694,0	Kumlu-Tınlı
2020/2021	21K	Keşan	*	Killi-Tınlı
	21L	Lüleburgaz	652,6	Tınlı
	21T	Tekirdağ	480,5	Killi

\*: veri alınmamıştır

Deneme yerlerine ait yağış (21K hariç) ve toprak verileri Çizelge 1 de verilmiştir. Çizelge de görüldüğü gibi, deneme çevreleri arasında en yüksek yağış, 21E çevresinde 694,0 mm, en düşük yağış ise 20E çevresinde 396,6 mm olarak belirlenmiştir. Deneme çevrelerinden Edirne'nin toprağı kumlu-tınlı, Lüleburgaz'ın toprağı tınlı, Tekirdağ'ın toprağı killi, Keşan'nın toprağı ise killi-tınlı toprak grubundadır (Çizelge 1).

Hasat edilen buğday tane örneklerinde; bin tane ağırlığı (Kaya ve Akçura, 2014), hektolitre ağırlığı (Carson ve Edwards, 2009), değirmeden öğütülen tane örneklerinden elde edilen kırmada; protein oranı (Kaya ve Akçura, 2014), sedimantasyon testi (Rubenthaler ve Pomeranz, 1987), gluten oranı (Elgün ve ark., 2001) ve gluten indeksi özellikleri (Carson ve Edwards, 2009) belirlenmiştir.

Çalışmamızda farklı çevrelerde kurulan denemelerden elde edilen örneklerin kalite özelliklerinin Genotip (G), Çevre (Ç) ve GÇI etkilerini değerlendirmek amacıyla GGE-biplot analizi kullanılmıştır (Yan, 2014). Biplot analizinde poligon oluşturularak, incelenen her özellik için en iyi olan genotip belirlenirken, deneme çevrelerinin ise gruplandırılması sağlanmıştır. Değerlendirmelerde özellik deneme çevresi grubu ve genotipler ön planda tutulmuştur.

İncelenen özelliklerin varyans analizi SAS paket programında (Anonim, 1999), GGE-biplot analizleri ise GGEbiplot programında (Yan, 2014) yapılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

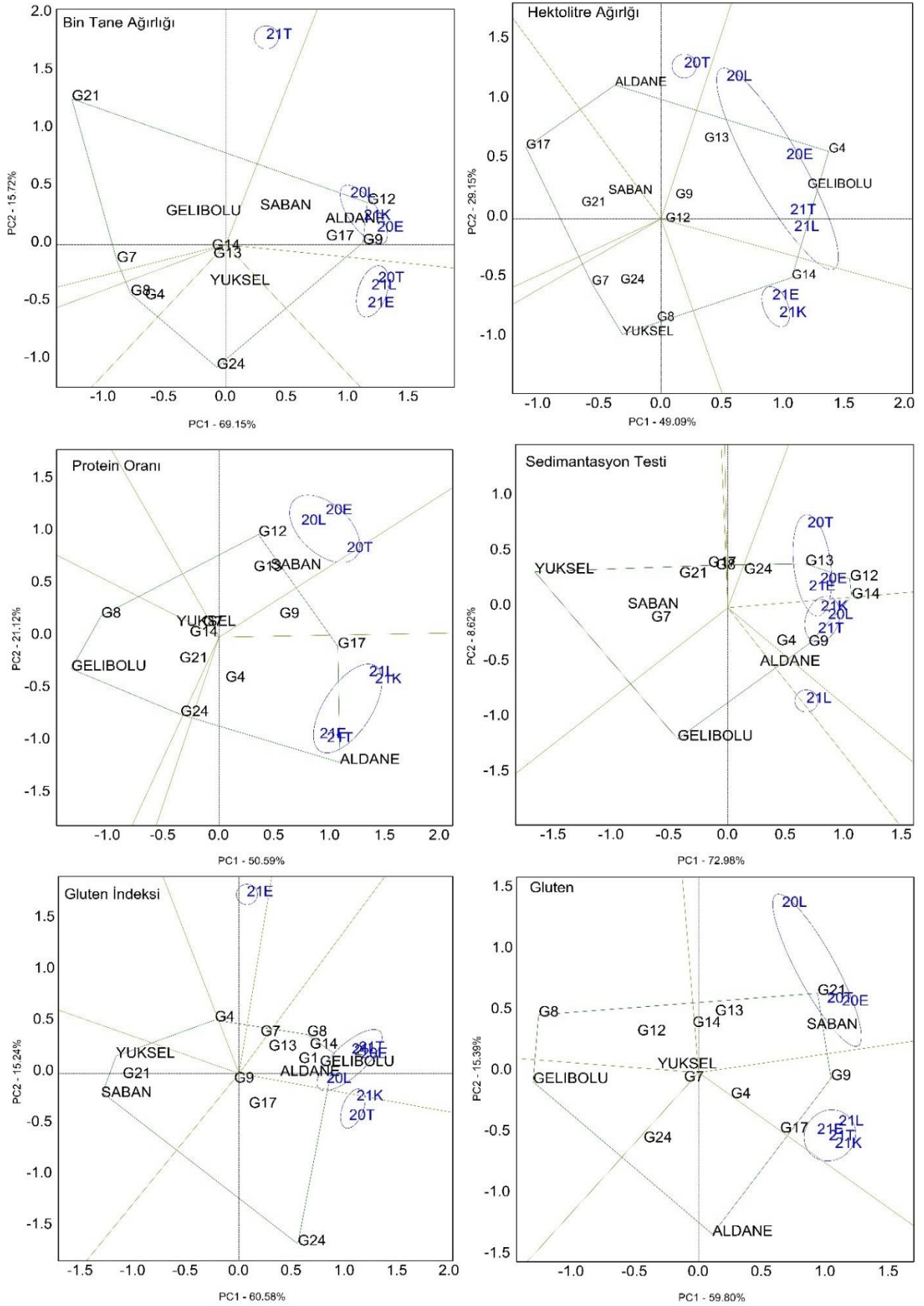
İncelenen tüm özelliklerde genotip, çevre ve genotip x çevre interaksiyonları istatistiksel olarak  $P < 0,01$  seviyesinde önemli olmuştur (Çizelge 2). Kalite özelliklerinin çevrelere göre ortalamaları Çizelge 3 ve 8'de, genotip x çevre interaksiyonunlarını görsel olarak değerlendirmek amacıyla oluşturulan GGE-biplot grafikleri Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. İncelenen özelliklere ait varyans analiz sonuçları

Özellikler	Varyasyon Kaynakları				
	Çevre (Ç)	Blok (Ç)	Genotip (G)	E*Ç	Hata
Serbestlik Derecesi	6	21	13	76	267
Bin Tane Ağırlığı	1023.56**	3.47	510.32**	52.95**	0.74
Hektolitre Ağırlığı	476.05**	32.53	971.43**	7.34**	0.21
Protein Oranı	413.08**	0.33	2076.5**	1.7**	0.11
Sedimantasyon Testi	1284.21**	167.59	2293.46**	81.63**	1.25
Yaş Gluten Oranı	1458.44**	2.40	210.00**	27.79**	0.65
Gluten İndeksi	440.81**	575.88	3103.92**	336.07**	8.14

\*\*:  $P < 0,01$ 

Bin tane ağırlığı buğday ıslahında önemli kalite özelliklerinden birisidir. Bin tane ağırlığı yüksek olan genotiplerin çoğu zaman tane verimi de yüksek olmaktadır (Campbell ve ark., 1999). Bu çalışmada genotiplerin bin tane ağırlığı 33,9 g (G21) ile 46,3 g (G12) arasında, çevrelerin ise 33,3 g (20L) ile 43,8 g (21L) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Bin tane ağırlığı verileri ile oluşturulan Biplot grafiği toplam varyasyonun %84,87'sini açıklamıştır. Bu özelliğe göre deneme çevreleri üç grup oluşturmuştur. Birinci grupta 21E, 21L ve 20T çevreleri, ikinci grupta 20E, 21K ve 20L çevreleri, üçüncü grupta ise tek başına 21T çevresi yer almıştır. Genotiplerden G24, G9, G12, Aldane, G21, G7 ve G8 köşegen olarak diğer genotiplerden ayrılmıştır. Bu genotipler arasından G9, Aldane ve G12 öncelikle ikinci deneme çevresi grubu daha sonra ise birinci deneme çevresi grubunda en yüksek bin tane ağırlığına sahip genotipler olarak öne çıkmışlardır.



Şekil 1. İncelenen özelliklere ait genotiplerin çevrelere göre değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan GGE biplot grafikleri

Çizelge 3. Deneme çevrelerine göre bin tane ağırlığı ortalamaları (g)

Genotipler	Deneme Çevreleri							Ortalama
	20E	20L	20T	21E	21K	21L	21T	
G4	33,0	32,8	31,9	38,5	34,5	42,7	35,9	35,6
G7	31,3	27,5	29,5	38,3	36,0	37,2	39,7	34,2
G8	31,6	26,8	32,1	39,3	38,7	38,6	37,6	35,0
G9	40,9	36,5	43,8	51,3	46,4	53,9	48,8	46,0
G12	43,2	36,4	41,9	51,5	45,4	53,3	52,7	46,3
G13	36,6	35,0	36,8	38,9	39,2	40,7	39,0	38,0
G14	35,4	32,5	32,4	42,5	41,4	44,7	42,1	38,7
G17	43,3	37,3	42,3	45,1	45,5	48,3	43,7	43,7
G21	31,2	28,2	25,4	29,9	34,8	33,8	54,0	33,9
G24	35,5	33,1	38,1	45,6	37,7	44,5	30,5	37,9
Aldane	41,6	44,1	40,1	50,6	40,0	47,3	46,9	44,4
Gelibolu	33,4	34,6	33,6	38,8	40,6	43,3	46,1	38,6
Saban	35,0	35,3	38,5	47,9	45,0	41,2	50,0	41,8
Yüksel	34,7	26,5	34,1	49,1	39,4	44,2	41,1	38,4
Ortalama	36,2	33,3	35,7	43,4	40,3	43,8	43,4	39,5

Tane iriliğini ve tanenin dolgunluğunu değerlendirmeyi sağlayan hektolitreye ağırlığı birim hacimdeki tane ağırlığı olarak ifade edilir (Kaya ve Akçura, 2014). Çalışmamızda genotiplerin hektolitreye ağırlığı 75,8 kg/hl (G17) ile 79,5 kg/hl (G4) arasında, çevrelerin ise 73,4 kg/hl (20L) ile 79,7 kg/hl (21T) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Hektolitreye ağırlığında genotip x çevre interaksiyonunu yorumlamak amacıyla oluşturulan GGE-biplot grafiği toplam varyasyonun %78,24'ünü açıklamıştır. Bin tane ağırlığında olduğu gibi deneme çevreleri üç grup oluşturmuştur. Birinci grupta 21E ve 21K çevreleri, ikinci grupta 21T, 21L, 20E ve 20L çevreleri, üçüncü grupta ise 20T çevresi tek başına yer almıştır. Genotiplerden G14, Gelibolu, G4, Aldane, G17, G7, Yüksel ve G8 hektolitreye ağırlığı yönünden diğer çeşitlerden ayrılarak köşegen genotipleri oluşturmuşlardır. Bu genotiplerden G14 birinci deneme çevresi grubunda diğer genotiplerden üstün olurken, Gelibolu ve G4 ikinci çevre grubunda diğer genotiplerden daha üstün performans sergilemişlerdir. Aldane çeşidi ise 20T çevresinde diğer genotiplerden daha üstün olmuştur. G17 genotipi ise deneme çevrelerinin tamamında diğer genotiplerden daha düşük hektolitreye ağırlığına sahip olmuştur.

Çizelge 4. Deneme çevrelerine göre hektolitreye ağırlığı ortalamaları (kg/hl)

Genotipler	Deneme Çevreleri							Ortalama
	20E	20L	20T	21E	21K	21L	21T	
G4	78,9	75,8	78,6	80,8	78,6	81,0	83,0	79,5
G7	74,4	72,7	74,9	77,6	77,5	76,8	79,3	76,2
G8	74,3	70,6	76,1	79,3	78,8	79,2	80,3	77,0
G9	75,7	73,3	78,4	78,3	78,5	78,1	79,8	77,5
G12	75,5	72,0	78,0	77,9	78,2	77,9	81,3	77,2
G13	75,6	74,8	80,1	78,2	77,7	79,0	81,7	78,2
G14	76,0	74,3	76,4	82,7	81,9	80,0	81,6	79,0
G17	74,7	73,2	78,4	77,1	74,7	76,9	75,3	75,8
G21	74,6	73,8	76,4	77,4	76,3	77,0	77,4	76,1
G24	74,5	72,4	76,4	79,7	78,7	77,3	76,9	76,5
Aldane	76,0	75,9	79,1	77,1	75,4	76,7	79,6	77,1
Gelibolu	76,6	74,0	76,7	79,3	80,2	80,6	82,1	78,5
Saban	73,7	73,5	77,9	79,6	75,5	77,2	79,9	76,7
Yüksel	75,0	71,0	75,1	80,4	77,7	76,9	78,0	76,3
Ortalama	75,4	73,4	77,3	78,9	77,8	78,2	79,7	77,3

Protein oranı buğday ıslahında kalite özelliklerini belirlemek amacıyla en yaygın kullanılan birkaç özellikten birisidir. Buğdayda bulunan proteinler, özellikle gluten proteinleri, reolojik ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı temel gıda bileşenleri olarak işlev görmektedir (Call ve ark., 2020). Bu çalışmada genotiplerin çevreler üzerinden genel protein oranı ortalaması %12,1 olurken, en düşük protein oranına %11,0 ile Gelibolu çeşidi, en yüksek protein oranına ise %12,9 ile G17 genotipi sahip olmuştur. Deneme çevreleri arasında ise en düşük protein oranına %10,4 ile 21E çevresi sahip olurken, en yüksek protein oranına %13,4 ile

20L çevresi sahip olmuştur (Çizelge 5). Protein oranına göre oluşturulan GGE-biplot grafiği toplam varyasyonun %71,71'ini açıklamıştır. Protein oranı bakımından deneme çevreleri iki grup oluşturmuştur. Birinci grupta 21T, 21L, 21E ve 21K çevreleri, ikinci grupta ise 20T, 20E ve 20L çevreleri yer almıştır. Genotiplerden Aldane, G17, Saban, G12, G8, Gelibolu ve G24 köşegen olarak diğer genotiplerden ayrılmışlardır. Bu genotiplerden Aldane ve G17 birinci deneme çevresi grubunda, Saban çeşidi ve G12 ise ikinci deneme çevresi grubunda en iyi genotipler olmuşlardır. Deneme materyali içerisinde tüm deneme çevrelerinde protein oranı bakımından en düşük değerlere Gelibolu çeşidi ve G8 genotipi sahip olmuştur.

Çizelge 5. Deneme çevrelerine göre protein oranı ortalamaları (%)

Genotipler	Deneme Çevreleri							Ortalama
	20E	20L	20T	21E	21K	21L	21T	
G4	12,1	12,8	12,8	10,6	11,3	12,5	12,8	12,1
G7	12,3	12,9	13,1	10,1	11,1	12,3	12,0	12,0
G8	12,5	12,7	11,4	9,2	9,4	11,4	11,8	11,2
G9	13,4	14,1	13,1	9,9	10,9	13,1	14,6	12,7
G12	13,0	14,6	13,9	10,0	11,0	12,7	11,9	12,4
G13	13,3	14,4	13,0	11,2	11,0	12,0	11,8	12,4
G14	12,6	13,0	12,2	10,3	10,4	12,6	12,6	12,0
G17	13,7	13,2	14,1	11,3	11,6	13,2	13,6	12,9
G21	11,5	14,2	11,7	11,0	10,5	11,8	12,5	11,9
G24	11,7	12,2	12,4	10,4	10,7	11,9	13,5	11,8
Aldane	12,3	13,4	11,9	11,9	12,1	14,3	14,3	12,9
Gelibolu	11,7	12,4	11,1	10,2	8,8	11,4	11,5	11,0
Saban	13,8	13,8	12,9	9,5	11,1	13,3	12,5	12,4
Yüksel	12,3	13,3	12,4	9,8	10,8	11,4	12,9	11,8
Ortalama	12,6	13,4	12,6	10,4	10,8	12,4	12,7	12,1

Sedimentasyon testi protein kalitesini ifade eden bir özelliktir. Sedimentasyon değeri yüksek olan buğday genotiplerinin genellikle hem protein kalitesi hem de protein oranının yüksek olduğu bildirilmiştir (Morris vd., 2007). Araştırma yer alan genotiplerin sedimentasyon testi değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Genotiplerin sedimentasyon testi değerleri çevreler üzerinden 40,1 ml (Yüksel) ile 62,2 ml (G12) arasında, çevrelerin ise 45,2 ml (21E) ile 59,5 ml (20E) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 6). Sedimentasyon testine ait GGE-biplot grafiği toplam varyasyonun %81,6'sını açıklamıştır. Sedimentasyon testi değerlerine göre Gelibolu, Aldane, G9, G14, G12, G13, G24, G17, G3 G21 ve Yüksel çeşidi köşegen olarak diğer genotiplerden ayrılmıştır. Deneme çevreleri üç grup oluşturmuştur. 21L çevresi tek başına bir grup oluşturmuşken, 21T, 20L ve 20K çevreleri bir grup, 20E, 21E ve 20T çevresi bir grup oluşturmuştur. Aldane genotipi 21L çevresinde, G9 ve G4 genotipleri 21T, 20L ve 20K çevrelerinde, G12, G13 ve G24 genotipleri ise geriye kalan deneme çevrelerinde sedimentasyon testi yönünden diğer genotiplerden daha üstün olmuştur.

Çizelge 6. Deneme çevrelerine göre sedimentasyon testi ortalamaları (ml)

Genotipler	Deneme Çevreleri							Ortalama
	20E	20L	20T	21E	21K	21L	21T	
G4	58,5	59,5	62,8	45,5	45,9	62,4	61,2	56,5
G7	53,3	51,6	46,2	36,2	41,3	50,4	49,2	46,9
G8	63,5	56,0	58,9	37,9	44,6	52,7	50,2	52,0
G9	67,8	65,7	58,4	45,4	48,9	60,6	62,3	58,5
G12	66,7	72,1	66,2	48,0	59,3	57,5	65,5	62,2
G13	64,2	60,2	70,8	55,9	54,8	59,2	46,7	58,8
G14	69,3	64,1	65,0	58,2	54,7	59,8	63,2	62,0
G17	64,7	54,4	52,6	46,7	39,3	51,3	46,5	50,8
G21	57,0	52,2	52,1	45,4	38,8	49,8	47,8	49,0
G24	61,8	55,5	53,1	47,6	48,8	49,6	56,6	53,3
Aldane	58,8	55,4	45,3	55,2	56,5	57,9	54,2	54,8
Gelibolu	53,9	53,8	40,3	40,0	41,0	61,6	47,4	48,3
Saban	51,2	48,5	50,9	34,9	37,3	52,1	42,4	45,3
Yüksel	42,9	43,9	42,6	35,6	33,7	41,9	39,8	40,1
Ortalama	59,5	56,6	54,6	45,2	46,1	54,8	52,4	52,7

Deneme çevreleri üzerinden genotiplerin gluten indeks değerleri %58,5 ile %90,5 arasında değişim göstermiştir. Deneme çevrelerinde en yüksek gluten indeks değerine %78,7 ile 21E çevresi sahip olmuştur (Çizelge 7). Gluten indeks değeri kullanılarak oluşturulan GGE-biplot grafiği toplam varyasyonun %75,82'sini açıklamıştır. Bu özellik yönünden deneme çevreleri üç grup oluşturmuştur. Birinci çevre grubunda 20T ve 21K çevreleri yer alırken, ikinci grupta 21E çevresi yer almış, diğer deneme çevreleri ise birlikte bir grup oluşturmuştur. G24 genotipi 20T ve 21K çevrelerinde en iyi performans sergileyen genotip olurken, G4 ve G7 genotipleri 21E çevresinde, Gelibolu ve Aldane çeşitleri ile G14, G8 ve G1 genotipleri geriye kalan deneme çevrelerinin tamamında en iyi performansa sahip genotipler olmuşlardır.

Çizelge 7. Deneme çevrelerine göre Gluten İndeksi ortalamaları (%)

Genotipler	Deneme Çevreleri							Ortalama
	20E	20L	20T	21E	21K	21L	21T	
G4	72,2	69,9	65,7	85,8	46,5	73,2	82,2	70,8
G7	77,5	84,4	68,9	91,3	66,0	77,4	70,6	76,6
G8	93,1	78,0	71,4	95,8	93,6	83,9	80,6	85,2
G9	78,7	71,2	83,1	76,0	69,5	63,0	69,3	73,0
G12	89,3	88,6	94,9	96,3	96,2	79,5	88,9	90,5
G13	78,5	68,4	79,9	83,6	77,0	74,6	73,5	76,5
G14	86,1	66,8	87,2	91,9	86,6	81,5	87,8	84,0
G17	74,0	89,8	77,3	70,9	56,3	72,4	69,1	72,8
G21	42,5	64,8	60,9	63,7	52,6	66,4	58,8	58,5
G24	82,4	74,2	90,5	38,5	83,3	75,8	75,3	74,3
Aldane	79,2	85,5	84,9	82,2	76,7	72,8	67,3	78,4
Gelibolu	74,5	59,6	82,0	81,0	75,6	80,9	71,7	75,0
Saban	54,6	60,5	62,2	65,1	50,8	64,5	53,9	58,8
Yüksel	62,0	57,1	67,5	80,3	44,6	61,7	55,9	61,3
Ortalama	74,6	72,8	76,9	78,7	69,7	73,4	71,8	74,0

Genotiplerin yaş gluten oranları %30,5 ile %39,4 arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaş gluten oranına G9 sahip olurken, bunu %39,0 ile G21 takip etmiştir. Çevreler arasında en yüksek yaş gluten oranına 20L çevresi sahip olmuştur (Çizelge 8). Yaş gluten oranı GGE-biplot grafiği toplam varyasyonun %75,19'unu açıklamıştır. Deneme çevreleri bu özellik yönünden iki grup oluşturmuştur. Birinci grup 21L, 21K, 21E ve 21T çevrelerinden oluşmuş, bu çevrelerde G17 ve G9 genotipleri diğer genotiplerden üstün olmuştur. İkinci çevre grubunda 20E, 20L ve 20T yer almıştır. Bu çevrelerinde ise Saban çeşidi ile G21 genotipi diğer genotiplerden daha üstün olmuştur.

Çizelge 8. Deneme çevrelerine göre Yaş gluten oranı ortalamaları

Genotipler	Deneme Çevreleri							Ortalama
	20E	20L	20T	21E	21K	21L	21T	
G4	38,9	40,6	40,4	27,1	33,8	36,9	34,4	36,0
G7	37,1	38,1	41,5	24,2	30,6	33,6	35,9	34,4
G8	34,3	37,9	35,9	20,9	21,8	29,7	32,8	30,5
G9	44,4	43,7	41,8	26,7	31,1	41,1	47,0	39,4
G12	35,8	42,6	35,4	22,7	28,3	36,7	32,5	33,4
G13	40,3	46,0	38,3	29,4	30,0	34,1	33,4	35,9
G14	37,0	45,2	37,9	27,2	28,6	35,7	35,4	35,3
G17	41,3	36,7	43,1	31,8	32,9	35,1	38,5	37,1
G21	41,9	48,2	42,4	32,7	30,5	37,7	39,9	39,0
G24	34,0	35,5	34,9	28,0	28,0	34,2	37,5	33,2
Aldane	34,8	34,6	33,2	30,3	32,2	39,4	39,8	34,9
Gelibolu	33,9	37,3	30,4	23,2	26,0	30,9	31,9	30,5
Saban	45,0	44,2	42,3	27,6	31,5	39,2	38,6	38,3
Yüksel	38,0	40,1	36,4	25,3	29,1	33,1	36,2	34,1
Ortalama	38,3	40,8	38,1	26,9	29,6	35,5	36,7	35,1



## SONUÇ ve ÖNERİLER

Deneme çevreleri birlikte değerlendirildiği zaman, Tekirdağ lokasyonu her iki deneme yılında hektolitreye ağırlığı yönünden, protein oranı ve gluten indeksi yönünden Edirne lokasyonu, gluten ve hektolitreye ağırlığı yönünden Lüleburgaz lokasyonlarının birinci yılları öne çıkmıştır. Ekmeklik buğday genotipleri tüm özellikler yönünden değerlendirildiğinde, G12 bin tane ağırlığı ve sedimantasyon testi değeri yönünden, G14 gluten indeksi ve sedimantasyon testi yönünden, G17, G9, Saban ve G21 gluten oranı yönünden öne çıkmışlardır.

**Teşekkür:** Yazarlar Çanakkale Onsekiz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine FYL-2022-3938 kodlu proje desteği için teşekkür ederler.

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



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

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1999. SAS Institute SAS/STAT Software: Release 9.00. SAS Inst. Cary, NC, USA.
- Bosi, S., Negri, L., Fakaros, A., Oliveti, G., Whittaker, A., Dinelli, G. 2022. GGE Biplot Analysis to Explore the Adaption Potential of Italian Common Wheat Genotypes. *Sustainability*, 14(2), 897.
- Call, L., Kapeller, M., Gausgruber, H., Reiter, E., Schoenlechner, R., D'Amico, S. 2020. Effects of species and breeding on wheat protein composition. *Journal of Cereal Science*, 93, 102974.
- Campbell, K.G., Bergman, C.J., Gualberto, D.G., Anderson, J.A., Giroux, M.J., Hareland, G. 1999. Quantitative trait loci associated with kernel traits in a soft x hard wheat cross. *Crop Science*, 39: 1184–1195.
- Carson G.R., Edwards N.M., 2009. Criteria of Wheat and Flour Quality. In: Khan, H. ve Shewry, P.R., Eds. *Wheat Chemistry and Technology*. AACC International, Inc. USA. 97-118.
- Chairi, F., Aparicio, N., Serret, M. D., Araus, J. L. 2020. Breeding effects on the genotype x environment interaction for yield of durum wheat grown after the Green Revolution: The case of Spain. *The Crop Journal*, 8(4), 623-634.
- Devi, K., Chahal, S., Venkatesh, K., Singh, S., Tripathi, S. C., Mamrutha, H. M., Tiwari, R. 2022. Identification of Wheat Genotypes Resilient to Terminal Heat Stress Using GGE Biplot Analysis. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-13.
- Elgün A., Türker S., Bilinçli N., 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası, No: 2. 112 s.
- Evers A.D., Cox R.I., Shaheedullah M.Z., Withey R.P., 1990. Predicting milling extraction rate by image analysis of wheat grains. *Aspects of Applied Biology*, 25: 417-426.
- George, N., Lundy, M. 2019. Quantifying genotype x environment effects in long-term common wheat yield trials from an agroecologically diverse production region. *Crop Science*, 59(5), 1960-1972.
- Kaya, Y. 2016. Ekmeklik buğdayın (*T. aestivum* L.) tane verimi ve bazı kalite özelliklerinde genotip x çevre etkileşimlerinin belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Kaya, Y., Akcura, M. 2014. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Science and Technology*, 34, 386-393.
- Mahmodi, N., Yaghotipoor, A., Farshadfar, E. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 5(13), 1837-1844.
- Malosetti, M., Ribaut, J. M., van Eeuwijk, F. A. 2013. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in Physiology*, 4, 44.
- Mohamed, M. M., Darwish, M. A., El-Rady, A., Ghalab, E., & Elfanah, A. M. (2022). Estimation of AMMI and GGE Biplots for some bread and durum wheat genotypes. *Journal of Plant Production*, 13(3), 75.
- Morris, C. F., Paszczyńska, B., Bettge, A. D., King, G. E. 2007. A critical examination of the sodium dodecyl sulfate (SDS) sedimentation test for wheat meals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(4), 607-615.
- Mulugeta, B., Tesfaye, K., Geleta, M., Johansson, E., Hailesilassie, T., Hammenhag, C., Ortiz, R. 2022. Multivariate analyses of Ethiopian durum wheat revealed stable and high yielding genotypes. *Plos One*, 17(8), e0273008.-83.

- Rani, M. H., Faruquee, M., Khanom, M.S.R., Begum, S. 2022. Genetic variability and multivariate studies on the grain physical properties of rice (*Oryza sativa* L.) Landraces. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 54(1): 1-10.
- Rubenthaler G.L., Pomeranz Y., 1987. NIR spectra of HRW wheats varying widely in protein content and breadmaking potential. *Cereal Chemisrty*, 64: 407–411.
- Shewry P.R., Dovidio R., Lafiandra D., Jenkins J.A., Mills E.N.C., Bekes F., 2009. Wheat Grain Proteins. In: Khan, H. ve Shewry, P.R., Eds. *Wheat Chemistry and Technology*. AACC International, Inc. USA. 223-298.
- Topal A., 2011. Buğday Yetiştirilicliği. Hasad Yayıncılık, İstanbul. 75 s.
- Vida, G., Cséplő, M., Rakszegi, M., Bányai, J. 2021. Effect of multi-year environmental and meteorological factors on the quality traits of winter durum wheat. *Plants*, 11(1), 113.
- Yan, W. (2014). *Crop variety trials: Data management and analysis*. John Wiley & Sons
- Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S., Cornelius, P. L. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47(2), 643-653.

## Bakteriyel Hemoglobin Eksprese Eden İmmobilize *Escherichia coli* Suşunun Malt Özütünden Biyoetanol Elde Etmede Kullanımının Araştırılması

Gamze ŞEKER , Meltem YEŞİLÇİMEN AKBAŞ\* 

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kocaeli

\*Sorumlu Yazar: [akbas@gtu.edu.tr](mailto:akbas@gtu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 23.03.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 27.04.2023 Kabul Tarihi: 02.05.2023

### ÖZ

Biyoetanol üretiminde mevcut hammaddelere, mikroorganizmalara ve yöntemlere alternatiflerin araştırılması önem gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışma ile etanol üreticisi *Escherichia coli* FBR5 ve bu suşun *Vitreoscilla* hemoglobini (VHb) eksprese eden türevi olan TS4 suşlarının fermentasyon ortamı olarak malt özütü (MEM) ve maltoz-glukoz (MGM) besiyerlerinin kullanılması ile biyoetanol eldesinde etkinliği araştırılmıştır. Ayrıca çeşitli mikrobiyal metabolitlerin üretiminde verimi arttırdığı bilinen aljinat aracılı hücre immobilizasyonunun bu bakterilerin biyoetanol üretkenliklerine etkisi değerlendirilmiştir. VHb ekspresyonu ve immobilizasyonun birlikte kullanımının MEM besiyerinde 72 saat sonunda *E. coli* TS4 suşunun etanol üretimini ( $23.67 \text{ g L}^{-1}$ ) FBR5 suşu ile elde edilenden %58'e varan oranlarda arttırdığı belirlenmiştir. Böylece VHb ekspresyonunun ve hücre immobilizasyonunun malt özütü gibi bir kaynaktan biyoetanol üretimini arttırmada etkin bir strateji olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca, arpa malt özütünün biyoetanol üretiminde potansiyel alternatif bir karbon kaynağı olabileceği görülmüştür. Sonuç olarak bakteriyel hemoglobin eksprese eden *E. coli* suşunun immobilize formdaki hücrelerinin arpa malt özütünden etanol üretimini arttırmada ümit verici bir yaklaşım olabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bakteriyel hemoglobin, VHb, malt özütü, bakteriyel fermentasyon.

### Investigation of the Use of Bacterial Hemoglobin Expressing Immobilized *Escherichia coli* Strain for Bioethanol Production from Malt Extract

#### ABSTRACT

It is important to investigate alternatives to existing raw materials, microorganisms and methods in bioethanol production. For this purpose, in the present study, the efficiency of ethanol producer *Escherichia coli* FBR5 and its *Vitreoscilla* hemoglobin (VHb) expressing version TS4 strains were investigated in bioethanol production by using malt extract (MEM) and maltose-glucose (MGM) media as fermentation media. In addition, the effect of alginate-mediated cell immobilization, known to have enhancement effect on the production of various microbial metabolites was evaluated for the bioethanol production of these bacteria. In the study, it was determined that in combination with VHb expression and immobilization enhanced ethanol production by *E. coli* TS4 strain ( $23.67 \text{ g L}^{-1}$ ) by up to 58% in MEM medium compared to that of FBR5 strain in 72 hours. Thus, it was determined that VHb expression and cell immobilization is an effective strategies to increase bioethanol production from a source such as malt extract. In addition, it was seen that barley malt extract could be a potential alternative carbon source in bioethanol production. As a result, it was determined that immobilized cells of *E. coli* strain expressing bacterial hemoglobin could be a promising approach to increase ethanol production from barley malt extract.

**Key words:** Bacterial hemoglobin, VHb, malt extract, bacterial fermentation.

### GİRİŞ

ABD, Brezilya, Çin ve Kanada gibi bazı endüstriyel ülkeler fosil yakıt kullanımında kısıtlamaya ve biyoetanol kullanımını yaygınlaştırmaya yönelmektedirler (Zabed ve ark., 2017). Biyoetanol, fermentatif mikroorganizmalar tarafından çeşitli karbon kaynaklarını kullanması sonucu üretilen bir biyoyakıttır. Yüksek nişasta içerikli bitkilerin ham madde olarak kullanılması biyoetanol üretiminde oldukça yaygındır. Mısır, buğday, kasava, patates ve tatlı patates biyoetanol üretiminde kullanılan nişastalı enerji bitkilerinin en bilinenlerindedir (Balat, 2011). Nişasta içeren ham maddeler fermentasyon öncesi mikroorganizmalar tarafından fermente edilebilir şekerlerin eldesi için enzimatik hidrolize maruz bırakılmaktadır (Salimi ve ark., 2019). Bu uygulama tüm fermentasyon işleminin maliyetinin artmasına neden olmaktadır (Woiciechowski ve ark., 2002). Arpa tohumları (*Hordeum vulgare*) bolca nişasta içermektedir. İçerdiği bu nişasta, arpanın çimlenmesi ile etkinleşen enzimleri sayesinde parçalanmaktadır. Diğer tahıllarda kendi nişastalarını hidroliz edecek etkinlikte ve miktarda enzim bulunmadığından arpa bu özelliği ile diğer tahıllardan ayrılmaktadır (Durgun ve Kılıç, 1978). Elde edilen malt özütü fermente edilebilir maltoz, glukoz, dekstrinler, azotlu bileşikler, mineraller, pentozlar, maltotriozlar ve tetraozlarca zengin hale gelmiş olur (Schormüller, 1974).

Biyoteknolojik olarak değiştirilmiş mikroorganizmaların endüstriyel biyoetanol üretiminde kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır (Scully ve Orlygsson, 2015). Keşfedilen ve karakterizasyonu yapılan ilk prokaryotik hemoglobin olan *Vitreoscilla* hemoglobini (VHb)'nin özellikle oksijenin sınırlı olduğu koşullarda solunum metabolizmasını desteklediği ve hücre içinde farklı metabolik yolları etkinleştirdiği bilinen *Vitreoscilla* hemoglobin geni (*vgb*) birçok mikroorganizmaya aktarılmıştır. Bu sayede hidroksialkonat (Liu ve ark., 2011), metiyonin- $\gamma$ -liyaz (Kahraman ve ark., 2011), L-arjinin (Xu ve ark., 2011), ramnolipid (Kahraman ve Erenler, 2012) ve Poli- $\gamma$ -glutamik asit (Zhang ve ark., 2013) gibi mikrobiyal metabolitlerin üretimlerinin arttığı belirlenmiştir. Bu kapsamda son yıllarda etanol üreticisi *E. coli* FBR5 ve VHb ekspresyonu yapan TS3 ve TS4 suşları kullanılarak patates işleme atık suyu hidrolizatı, peyniraltı suyu ve tozu, şeker pancarı melası, lignoselülozik mısır atığı ve patates nişastasının kullanıldığı çalışmalarla, VHb ekspresyonu ile etanol üretiminin artabildiği belirlenmiştir (Abanoz ve ark., 2012; Şar ve ark., 2017; Şar ve Akbaş, 2016; Sümer ve ark., 2015).

Aljinat ile hücre immobilizasyonu metabolit üretimini arttırmak veya inkübasyon esnasında ortaya çıkan bazı sorunları çözmek amacıyla kullanılan bir biyoteknolojik yöntemdir. Bu sayede, immobilize mikrobiyal hücreler canlılıklarını olumsuz ortam koşullarına karşın sürdürebilmektedir (Park ve Chang, 2000). Ayrıca fermentasyon sonrası hücreleri ortamdaki uzaklaştırmak da immobilizasyon sayesinde kolaylaşmaktadır (Kosseva, 2011). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda VHb ekspresyonu ve hücre immobilizasyonu ile ayrı ayrı veya birlikte uygulamasının malt özütü içeren ortamda biyoetanol üretimindeki etkileri incelenmemiştir. Bu çalışmada, *Vitreoscilla* hemoglobininin ekspresyonun ve/veya hücre immobilizasyonunun malt özütü içeren besiyeri (MEM) kullanılarak *Escherichia coli* FBR5 (*vgb*-) ve TS4 (*vgb*+) suşlarının biyoetanol üretim etkinlikleri incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Çalışmada kullanılan mikroorganizmalar

Bu çalışmada, USDA laboratuvarlarından temin edilmiş *pdc* ve *adhB* genlerini içeren pLOI297 plazmid ile transforme edilen *Escherichia coli* FBR5 suşu (Dien ve ark., 2000) ve FBR5 suşunun *vgb* geni içeren pTS4 plazmid ile transforme edilmesi ile elde edilen TS4 suşu (Sanny ve ark., 2010) fermentatif mikroorganizmalar olarak kullanılmıştır. Önkültür ve fermentasyon besiyerlerine FBR5 suşu için 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  ampisilin, TS4 suşu için ise 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  ampisilin ve 5  $\mu\text{g mL}^{-1}$  gentamisin ilave edilmiştir (Sanny ve ark., 2010).

### Besiyerleri ve hazırlanışları

Malt özütü yerel bir üretim tesisinden temin edilmiştir. HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografi) analizleri sonucunda malt özütünü %9 maltoz ve %2 glukoz (w/v) içerdiği saptanmıştır. Ön çalışmalar sonucu test mikroorganizmaları ile yapılacak fermentasyonlar için uygun malt özütü şeker konsantrasyonunun %4.5 maltoz ve %1 glukoz (w/v) olduğu belirlenmiştir.

### Malt özütü besiyerinin (MEM) hazırlanması

Besiyeri oluşturmak üzere malt özütü 121 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca otoklavda sterilize edilmiştir. Ardından soğutulup, steril koşullarda 4100 rpm dönme hızına 16 dakika boyunca 4 °C sıcaklıkta santrifüj edilmiştir. Üst sıvıya final şeker konsantrasyonu %4.5 maltoz (w/v), %1 glukoz (w/v) olacak şekilde (55 g L<sup>-1</sup> toplam şeker); % 0.5 maya özütü (w/v), 0.5 g L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>, 0.1 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> ve 2 g L<sup>-1</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilmiştir.

### **Maltoz-glukoz besiyerinin (MGM) hazırlanması**

MEM besiyerine ek olarak MEM'in içerdiği şeker miktarı ile aynı olacak şekilde maltoz (%4.5 w/v), glukoz (%1 w/v) (55 g L<sup>-1</sup> toplam şeker) mineral karışımı (0.5 g L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>, 0.1 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> ve 2 g L<sup>-1</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve maya özütü (%0.5 w/v) içeren bir besiyeri (MGM) hazırlanmıştır. Bu besiyeri ile, MEM'in içerdiği fermente edilebilir şekerler harici toplam besin ve/veya mineral içeriklerinin fermentasyonu arttırmada etkisi değerlendirilecektir.

### **Kalsiyum aljinatta hücre immobilizasyonu**

16 saatlik kültürlerden ayrılan örnekler 1600 rpm dönme hızında 4 °C sıcaklıkta 16 dakika boyunca santirfuj edilerek çöktürülmüştür. Elde edilen pellet %0.9 NaCl çözeltisi ile seyreltilmiştir. Aljinat süspansiyonu (%6 w/v), hücre süspansiyonu ile 1:1 (v/v) oranında karıştırılarak finalde %3 aljinat içeren bir hücre karışımı elde edilmiştir. Hücre-aljinat karışımı 1000 µL'lik bir mikropipet kullanılarak 3-4 mm çaplı boncuklar elde edilecek şekilde yaklaşık 400 rpm dönme hızında manyetik karıştırıcı ile karıştırılan %3 CaCl<sub>2</sub> solüsyonuna damlatılmıştır. Boncukların polimerizasyonu oda sıcaklığında 1 saat boyunca sürdürülmüştür. 3-4 mm çapında oluşmuş boncuklar steril saf su ile yıkanmış ve aynı gün kullanılmıştır (Ivanova ve ark., 2011).

### **Serbest ve immobilize hücrelerle fermentasyon**

İnkübasyon, %20 havalandırmalı mikroaerofilik koşullarda 100 mL hacimlik Erlenlerde gerçekleştirilmiştir. Final hücre yoğunluğu 0.05 OD<sub>600</sub> olacak şekilde ayarlanmış serbest hücreler, 80 mL MEM veya MGM besiyerleri içerisinde inkübe edilmiştir. Immobilize hücreler ise 100 mL hacimlik erlenlere 64 mL MEM veya MGM besiyeri eklenmiş, kültür içerisinde final hücre yoğunluğu 0.05 OD<sub>600</sub> olacak şekilde önceden ayarlanmış 16 mL immobilize hücre içeren 320 adet boncuk ilave edilmiştir. Serbest ve immobilize hücre kültürleri bir orbital karıştırıcılı inkübatörde MEM veya MGM besiyerlerinde 180 rpm çalkalama hızında 37 °C sıcaklıkta 72 saat boyunca inkübe edilmiştir.

### **Analitik yöntemler**

Serbest ve immobilize hücreler için, optik yoğunluklar (OD<sub>600</sub>), besiyerlerindeki şeker miktarları ve fermentasyon sonunda tüketilen şeker miktarları (g L<sup>-1</sup>) ile üretilen etanol miktarları (g L<sup>-1</sup>) 48 ve 72 saatlik fermentasyonlar sonunda ölçülmüştür.

### **Hücre yoğunluğunun belirlenmesi**

Fermentasyon ortamındaki hücre yoğunlukları (OD<sub>600</sub>) bir spektrofotometre (Shimadzu UV Spectrophotometer, UV 1800) aracılığı ile ölçülmüştür.

### **Şeker ve etanol miktarlarının HPLC analizi ile belirlenmesi**

Besiyerinde üretilen etanol, fermentasyon başlangıcında bulunan ve sonunda kalan maltoz ve glukoz miktarları HPLC ile (Shimadzu 10A, Shimadzu, Columbia, MD), NH<sub>2</sub> kolonu (Interstil NH<sub>2</sub> column, 5 mm, 4.6×250 mm, GL Sciences Inc., Shinjuku, Tokyo, Japan) ve refraktif indeks dedektörü (RID-10A) kullanılarak ölçülmüştür. Farklı oranlarda (%0.5-5) maltoz, glukoz ve etanol standartları cihaza tanımlanmıştır. Örnekler analiz öncesi 10000 rpm dönme hızında 10 dakika boyunca santrifuj edilmiştir. Ardından üst sıvı 22 µm por çaplı filtre ile süzülerek cam HPLC tüplerine aktarılmıştır. Mobil faz olarak ultra saf su ile hazırlanan %60 (v/v) asetonitril çözeltisi kullanılmıştır. İnjesiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı 25 °C ve akış hızı 1 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır (Şar ve ark., 2017).

### **Fermentasyon parametrelerinin hesaplanması**

Etanol miktarı (g L<sup>-1</sup>), substrat tüketimi (%) ve etanol verimi (%) aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır:

$$\text{Etanol Miktarı (g/L)} = \text{Ethanol Miktarı (\%v/v)} \times 7.9 \quad (1)$$

$$\text{Substrat Tüketimi (\%)} = \frac{\text{Tüketilen Şeker (g/L)}}{\text{Toplam Şeker (g/L)}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Etanol Verimi (\%)} = \frac{\text{Etanol Miktarı (g/L)}}{\text{Tüketilen Şeker Miktarı (g/L)}} \times 100 \quad (3)$$

**Bakteriyel hemoglobin (VHb) miktarının belirlenmesi**

TS4 suşu tarafından sentezlenen VHb miktarı indirgenmiş/indirgenmemiş (Webster ve Liu, 1974) fark spektrasına dayanarak (Khosla ve Bailey, 1988) bir spektrofotometre cihazı ile fermentasyon sonlarında (72 saat) ölçülmüştür. Sonuçlar nmol g<sup>-1</sup> yaş ağırlık cinsinden hesaplanmıştır.

**BULGULAR ve TARTIŞMA****MEM ve MGM besiyerlerinde inkübasyon sonu hücre biyokütlesi (OD<sub>600</sub>)**

Fermentasyonda biyokütle artışının kontrolünü sağlamak oldukça önemlidir. Ortamda bulunan karbon kaynağının biyokütle artışına istenilen seviyenin dışında harcanması metabolitlerin üretimini etkileyebilir. Bu çalışmada inkübasyon, ortamda kalan şeker miktarı ve hücre yoğunluğundaki artış takip edilerek fermentasyon 72 saat sürdürülmüştür. MEM besiyerinde en yüksek biyokütle artışının serbest ve immobilize hücrelerle TS4 suşu tarafından 72 saat sonunda sırasıyla 6.79 ve 7.94 (OD<sub>600</sub>) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Biyokütle miktarının MGM besiyerinde MEM besiyerinden daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 1). MGM besiyerinde serbest hücrelerde 72 saatlik inkübasyon sonunda en yüksek hücre yoğunluğunun FBR5 suşu 4.49 (OD<sub>600</sub>) ile elde edildiği belirlenmiştir. Immobilize edilmiş hücrelerle ise en yüksek hücre yoğunluğunun MGM besiyerinde 72 saat sonunda 4.69 (OD<sub>600</sub>) olarak FBR5 suşu ile elde edildiği gözlemlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Serbest (SH) ve immobilize formdaki (İH) *E. coli* FBR5 ve TS4 suşları ile malt özütü (MEM) ve maltoz-glukoz (MGM) besiyerlerinde 48 ve 72 saatlik fermentasyonlar sonunda biyokütle (OD<sub>600</sub>), etanol (%v/v; g L<sup>-1</sup>), birim hücre başına etanol üretimi (EtOH/biyokütle, g 100 mL<sup>-1</sup>/OD<sub>600</sub>) ve tüketilen şeker (g L<sup>-1</sup>) miktarları. Her değer üç tekrarın ortalamasıdır. Parantez içinde ilgili değerın standart sapması belirtilmiştir.

Süre (Saat)	Hücre Tipi	Suşlar	Biyokütle (OD <sub>600</sub> )	EtOH (%v/v)	EtOH (g L <sup>-1</sup> )	EtOH/Biyokütle (g 100 mL <sup>-1</sup> /OD <sub>600</sub> )	Tüketilen Şeker (g L <sup>-1</sup> )	
MEM	48	SH	FBR5	5.15 (0.16)	2.14 (0.01)	17.08 (0.11)	0.33 (0.01)	38.15 (0.35)
			TS4	5.33 (0.29)	1.86 (0.18)	14.85 (1.47)	0.28 (0.04)	37.15 (3.18)
		İH	FBR5	4.68 (0.84)	1.79 (0.17)	14.28 (1.35)	0.28 (0.08)	34.10 (5.94)
			TS4	4.70 (0.14)	1.80 (0.01)	14.37 (0.11)	0.28 (0.02)	27.90 (3.11)
	72	SH	FBR5	6.22 (0.16)	1.89 (0.21)	15.09 (2.15)	0.33 (0.02)	47.60 (0.14)
			TS4	6.79 (0.91)	2.65 (0.17)	21.11 (1.75)	0.31 (0.03)	46.80 (4.10)
		İH	FBR5	7.50 (0.97)	1.88 (0.06)	15.05 (0.62)	0.20 (0.02)	34.30 (0.57)
			TS4	7.94 (0.91)	2.97 (0.05)	23.67 (0.51)	0.30 (0.03)	48.20 (0.00)
MGM	48	SH	FBR5	4.15 (0.14)	1.73 (0.07)	13.81 (0.56)	0.33 (0.02)	19.90 (0.42)
			TS4	1.26 (0.48)	1.01 (0.05)	8.02 (0.40)	0.69 (0.30)	3.70 (0.14)
		İH	FBR5	4.31 (0.06)	1.19 (0.03)	9.50 (0.23)	0.22 (0.00)	38.15 (0.35)
			TS4	0.58 (0.07)	0.77 (0.11)	6.11 (0.85)	1.07 (0.28)	37.15 (3.18)
	72	SH	FBR5	4.49 (0.09)	1.69 (0.04)	13.45 (0.28)	0.30 (0.01)	30.6 (1.13)
			TS4	1.88 (0.08)	0.98 (0.01)	7.78 (0.06)	0.22 (0.02)	27.75 (1.91)
		İH	FBR5	4.69 (0.33)	1.88 (0.00)	15.01 (0.00)	0.32 (0.02)	11.00 (0.71)
			TS4	0.55 (0.11)	0.90 (0.11)	7.14 (0.85)	1.31 (0.12)	19.95 (1.06)

**Besiyeri zenginliğinin serbest ve immobilize hücrelerle etanol üretimine etkisi**

Bu çalışmada, fermentasyon etkinliği incelenmek üzere 55 g L<sup>-1</sup> fermente edilebilir şeker ve takviyeler içeren malt özütü besiyeri (MEM) oluşturulmuştur. Fermentasyon maliyetini düşük tutmak amacıyla her iki besiyerine de sadece 5 g L<sup>-1</sup> maya özütü ilave ederek azot kaynağı takviyesi yapılmıştır. Fermentasyon ortamının maya özütü ve peptonla desteklendiğinde şeker tüketiminin ve etanol üretiminin arttığı bilinmektedir (Ortiz-Muñiz ve ark., 2010; Pérez-Carrillo ve ark., 2011; Harde ve ark., 2014). Arpadan malt özütü elde edilirken,

çimlenme ile enzimatik aktivitenin artması sonucunda, şeker ve azotlu madde miktarı yükselir (Durgun, 2008; Durgun ve Kılıç, 1978). Bu nedenle tek tip azot kaynağı ile destek sağlanmasının etanol üretimine etkisini belirlemek önemlidir. Bu çalışmada, malt özütünün içerdiği şeker harici besinlerden ve/veya minerallerden kaynaklı fermentasyonu artırma etkisini değerlendirebilmek için, MEM besiyeri ile aynı oranda ve türde şeker ve takviyeler içeren kontrol besiyeri olarak maltoz-glukoz besiyeri (MGM) hazırlanmış ve aynı koşullarda etanol üretiminde etkinliği değerlendirilmiştir. MEM besiyerinin arpa maltından kaynaklı azot kaynaklarınınca zengin olması, fermentasyon için etkin bir aday besiyeri olabileceğini işaret etmiştir. Hücre biyokütlesi verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, MEM besiyerinin fermentasyonu desteklemede etkili bir besiyeri olduğu görülmektedir. İmmobilize FBR5 (*vgb-*) hücreleri ile gerçekleştirilen uygulamanın 72 saatlik etanol üretimleri hariç tüm uygulamalarda (serbest ve immobilize hücrelerle) MGM ile karşılaştırıldığında, MEM besiyerinin kullanımı, FBR5 ve TS4 suşlarının etanol üretimine sırasıyla %0-50 ve %84-230 oranlarında artışa neden olmuştur. En yüksek etanol miktarı artışı %230 oranı ile immobilize TS4 suşu tarafından 72 saat sonunda elde edilmiştir (23.67 g L<sup>-1</sup> etanol). Zayıf içerikli kontrol besiyeri MGM'nin etanol üretimine katkısı görülmemiştir. Aksine serbest ve immobilize FBR5 suşunun serbest ve immobilize TS4 suşundan sırasıyla %72 ve %11 oranında daha fazla etanol ürettiği görülmüştür. Etanol üretiminin belirgin şekilde yüksek olduğu MEM besiyerinin fermentasyon etkinliğinin, malt özütünün mineraller ve azotlu bileşiklerce zengin olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Disakkarit bir şeker olan laktozca zengin peyniraltı suyu tozu ile gerçekleştirilen bir çalışmada da ortamda azot kaynağının yetersiz olmasının biyokütle ve etanol miktarını olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Sar ve ark. 2017). Malt özütü kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon çalışmalarında, genellikle *Saccharomyces* cinsine ait ticari maya suşları kullanılmaktadır. Odibo ve ark. (2002) çalışmalarında, sorgum özsuyundan malt özütü elde edilmiş ve %60 (w/v) fermente edilebilir şeker içeren malt özütü kullanılmıştır. *Saccharomyces uvarum* ile gerçekleştirilen bu çalışmada ortamda 3 g L<sup>-1</sup> malt özütü olacak şekilde 6 gün boyunca fermentasyon sürdürülmüş ve sonuçta 34.3 g L<sup>-1</sup> etanol üretildiği belirlenmiştir (Odibo et al., 2002). Capece ve ark.'nın (2021) çalışmasında, farklı malt özütleri *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces* olmayan 4 maya suşunun farklı kombinasyonlarını içeren karışık kültürlerinin, etanol üretim kapasiteleri değerlendirilmiştir. Kullanılan malt özütü türüne bağlı olarak saf kültürle 24.6-25.5 g L<sup>-1</sup>; karışık kültürle ise 20.9-25.9 g L<sup>-1</sup> etanol üretimi gerçekleştirilmiştir (Capece ve ark., 2021). Fermentasyon etkinlikleri yüksek olduğunu bilinen maya suşları ile karşılaştırıldığında benzer oranlarda etanol elde edilmesi nedeniyle bu çalışmada kullanılan *vgb* eksprese eden *E. coli* TS4 suşunun biyoetanol eldesinde etkili bir mikroorganizma olduğu söylenebilir.

#### **Bakteriyel hemoglobinin etanol üretimine etkisi**

Oksijen taşınmasını hızlandırdığı bilinen VHB, enerji üretiminde önemli ATP ve NADH gibi elementlerin üretimini arttırarak enerji kazanımını arttırır ve dolayısı ile hücre üremesine ve hücrelerin metabolit üretimine destek sağlar (Stark et al., 2012; Sar ve ark., 2017). Bu çalışmada zengin içerikli MEM besiyerinde, serbest TS4 suşunun (21.11 g L<sup>-1</sup>) serbest FBR5 suşundan (15.09 g L<sup>-1</sup>) %40 daha fazla etanol ürettiği belirlenmiştir. Benzer şekilde immobilize TS4 suşunun (23.67 g L<sup>-1</sup>) da immobilize FBR5 suşundan (15.05 g L<sup>-1</sup>) %58 daha fazla etanol ürettiği saptanmıştır. Çeşitli bitkisel veya hayvansal kaynaklı atıklardan oluşturulan besiyerleri ile *vgb*'nin etanol üretimini arttırıcı etkisi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Patates işleme atığı (%18) (Abanoz ve ark., 2012), peyniraltı suyu tozu ile şeker pancarı melası (%17-362 ve %21-419) (Akbaş ve ark., 2014) ve mısır atığı hidrolizatı ile ilave şekerler varlığında (glukoz ilavesi ile %15, ksiloz ilavesi ile %10) (Sanny ve ark., 2010) gerçekleştirilen çalışmalarla da hemoglobin ekspresyonunun etanol üretimini arttırdığı belirlenmiştir.

#### **İmmobilizasyonun etanol üretimine etkisi**

İmmobilizasyon mikroorganizma için yüksek üretkenlik, inhibitör ve toksik bileşiklere karşı dayanım ve enzimlerin spesifik aktivitelerinde artışa neden olarak fermentasyonun daha etkin gerçekleşmesine neden olmaktadır (Zhu, 2006). Aljinat, temin edilmesi ve polimerizasyon koşullarının kolay olması nedeniyle hücre immobilizasyonunda en yaygın kullanılan matrikslerin başında gelmektedir. Biyoetanol üretiminde etkinliği bilinen aljinatın, şeker kamışı melası (Ghorbani ve ark., 2011), mahula bitkisinin çiçekleri (Swain ve ark., 2007) veya peyniraltı suyu tozundan (Şar ve ark., 2017; Şar ve Akbaş, 2019) etanol üretimini arttırdığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada, MEM besiyerinde serbest ve immobilize hücreler ile en yüksek etanol üretimi, 72 saat sonunda TS4 suşu ile sırasıyla 21.11 g L<sup>-1</sup> ve 23.67 g L<sup>-1</sup> miktarlarında gerçekleşmiştir (Çizelge 1). 72 saatte immobilizasyonun etanol üretimine TS4 suşunda etkisinin %12 oranında olduğu belirlenmiştir. FBR5 suşunun serbest ve immobilize hücreleri ile eşit miktarda (yaklaşık 15 g L<sup>-1</sup>) etanol üretilmiştir. Zayıf içerikli MGM besiyerinde ise en fazla immobilize FBR5 hücreleri (15.01 g L<sup>-1</sup>) ile serbest FBR5 hücrelerinden (13.45 g L<sup>-1</sup>) %11; TS4 suşu ile ise serbest hücrelerden daha fazla etanol üretilmediği belirlenmiştir. Sonuç olarak immobilizasyonun etanol üretimini arttırıcı etkisi zengin içerikli MEM besiyerinde belirgin bir şekilde görülmüştür. Bir başka çalışmada ise fermentasyon ortamı elde etmede yağlık palmye ağacının gövdesinden elde edilen hidrolizat kullanılmış ve

biyoetanol üretimi serbest ve immobilize *S. cerevisiae* SC90 hücreleri aracılı gerçekleştirilmiştir. Immobilize hücreler ile serbest hücrelerden %22 oranında daha fazla etanol üretimi sağlandığı görülmüştür (Wilaitup ve ark., 2022). Immobilizasyonun metabolit üretimindeki arttırıcı etkisi hücreyi ortamda oluşan çeşitli metabolitlerden izole etmesi, besinlerin boncuk içerisine kontrollü alımı, ürünlerin ortama kontrollü salınımı, değişen ortam koşullarından hücreleri koruması ile hücre stabilitesini arttırması sayesinde gerçekleşmektedir (Kourkoutas ve ark., 2004; Duarte ve ark., 2013). Değişen koşullardan daha az etkilenen immobilize hücrelerin daha yüksek substrat konversiyonu sağlaması ile etanol üretimi olumlu etkilenmektedir (Kourkoutas ve ark., 2004; Duarte ve ark., 2013).

#### Bakteriyel hemoglobinin ve immobilizasyonun etanol üretimine birlikte etkisi

Immobilizasyonun hemoglobin ekspresyonu ile birlikte etanol üretimine etkisini değerlendirmek amacıyla serbest FBR5 (*vgb-*) ve immobilize TS4 (*vgb+*) suşlarının etanol üretimleri karşılaştırılmıştır. MEM besiyerinde immobilizasyon ve *vgb* ekspresyonunun birlikte kullanımı sonucu, TS4 suşu ile 72. saat sonunda etanol üretimini %58 arttırdığı belirlenmiştir. (Çizelge 1). MGM besiyerinde etanol üretiminin immobilize hücrelerle FBR5 suşu ile, TS4 suşu ile elde edilenden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Böylelikle immobilizasyon ve VHB ekspresyonunun birlikte zayıf içerikli MGM besiyerinde etkin etanol üretimini sağlamada önemli bir artışa neden olmadığı fakat zengin içerikli MEM besiyerinde etanol üretimini arttırmada kullanılabilecek etkili biyoteknolojik yöntemler oldukları saptanmıştır. Bir başka çalışmada, peyniraltı suyu tozu ve maya özütü kullanılarak oluşturulan besiyerleri içerisinde serbest ve immobilize *E. coli* FBR5 ve *vgb* eksprese eden *E. coli* TS3 suşlarının fermentasyon kapasiteleri değerlendirilmiştir. En yüksek etanol üretiminin gerçekleştiği WPM6 besiyerinde, 72 saatlik fermentasyon sonucu immobilize *E. coli* TS3 suşu ile yaklaşık 23 g L<sup>-1</sup> etanol elde edilmiştir (Şar ve ark. 2017). Mevcut çalışma ile karşılaştırıldığında, WPM6 besiyerinin içerdiği şeker miktarının daha yüksek olmasına rağmen (80 g L<sup>-1</sup>) *vgb* eksprese eden TS3 suşu 72 saat sonunda, daha az miktarda şeker içeren MEM besiyerinde (55 g L<sup>-1</sup>) hemoglobin eksprese eden TS4 suşu ile benzer miktarlarda (23.67 g L<sup>-1</sup>) etanol ürettiği görülmüştür.

#### MGM ve MEM besiyerlerinde substrat tüketimi ve etanol verimi

Çalışmada kullanılan suşların, MEM besiyerinde substratı yüksek oranda tükettikleri belirlenmiştir. Substrat tüketiminin serbest hücrelerle en yüksek %87 oranında FBR5 suşu ile, immobilize hücreler ile ise %88 oranında TS4 suşu tarafından gerçekleştirildiği saptanmıştır. En yüksek etanol veriminin ise immobilize TS4 suşu ile %49 olduğu ve 72. saatin sonunda sağlandığı görülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Serbest (SH) ve immobilize formdaki (İH) *E. coli* FBR5 ve TS4 suşları ile malt özütü (MEM) ve maltöz-glukoz (MGM) besiyerlerinde 72 saatlik fermentasyonlar sonunda etanol verimi (%) ve substrat tüketim (%) değerleri. Her değer üç tekrarın ortalamasıdır. Parantez içinde ilgili değerlerin standart sapması belirtilmiştir.

	Hücre Tipi	Suşlar	Etanol Verimi (%)	Substrat Tüketimi (%)
MEM	SH	FBR5	28 (4.40)	87 (0.26)
		TS4	45 (0.22)	85 (7.46)
	İH	FBR5	44 (1.09)	62 (1.03)
		TS4	49 (1.05)	88 (0.00)
MGM	SH	FBR5	44 (0.70)	56 (2.06)
		TS4	28 (1.73)	50 (3.47)
	İH	FBR5	137 (8.79)	20 (1.29)
		TS4	36 (2.43)	36 (1.93)

MGM besiyerinde en yüksek substrat tüketimi %56 oranı ile serbest FBR5 tarafından gerçekleştirilmiştir ve bu uygulama sonucu %44 etanol verimi elde edilmiştir (13.45 g L<sup>-1</sup>). MGM besiyerinde gözlenen en yüksek etanol verimi ise %137 oranı ile immobilize FBR5 suşu tarafından elde edilmiştir. % 20 substrat tüketimi (11 g L<sup>-1</sup> şeker) gerçekleşmiştir ve tüketilen substrattan yüksek oranda etanol gerçekleştirmesi nedeniyle etkin bir üretim miktarı sağlansa da (15.01 g L<sup>-1</sup> etanol) böyle yüksek bir etanol verimi elde edilmiştir. Bunun sebebi besiyerinde



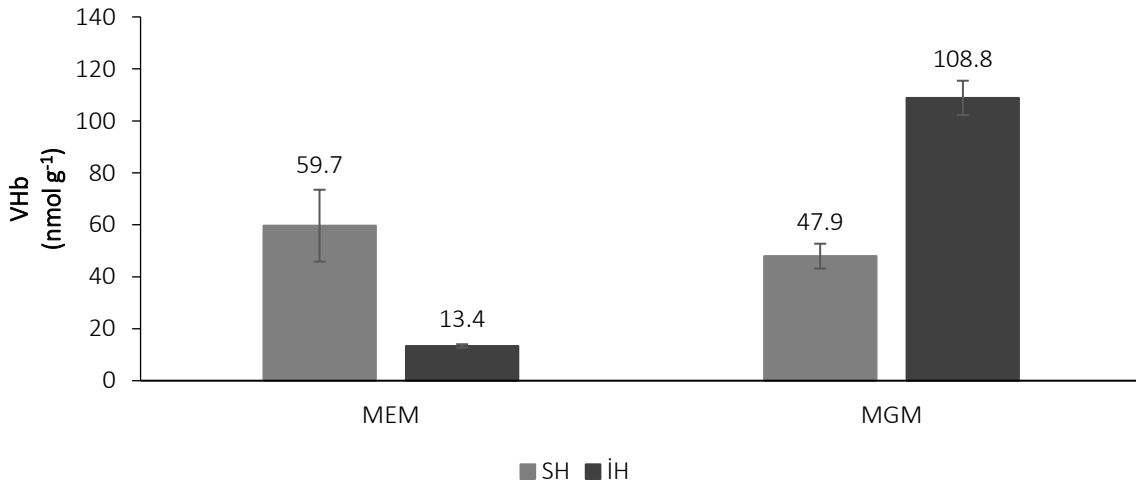
bulunan maya özütündeki karbonun da etanol üretiminde az da olsa kullanımı olabilir (Ortiz-Muñiz ve ark., 2010; Pérez-Carrillo ve ark., 2011; Harde ve ark., 2014).

### MGM ve MEM besiyerlerinde birim hücre biyokütlesi başına etanol eldesi

Fermentasyonda kullanılan iki besiyeri içerisinde MEM besiyerinde 72. saatin sonunda immobilize TS4 suşu ile ve MGM besiyerinde ise 48 ve 72 saatin sonunda hem immobilize hem de serbest TS4 suşu ile birim hücre biyokütlesi başına etanol üretiminin daha fazla olduğu olduğu saptanmıştır. En yüksek birim hücre biyokütlesi başına etanol üretiminin MGM besiyerinde immobilize formdaki TS4 suşu ile ( $1.31 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}/\text{OD}$ ) elde edildiği görüldü de üretilen etanol miktarının düşük ( $7.14 \text{ g L}^{-1}$ ) ve kalan şeker miktarının yüksek ( $35 \text{ g L}^{-1}$ ) olması nedeniyle bu etkin bir üretimi ifade etmemektedir (Çizelge 1).

### MGM ve MEM besiyerlerinde gerçekleştirilen fermentasyonlar sonucu TS4 suşunun eksprese ettiği bakteriyel hemoglobin (VHb) miktarları

MEM besiyerinde 72 saat sonunda serbest formdaki TS4 suşu  $59.7 \text{ nmol g}^{-1}$  yaş ağırlık VHb üretirken, immobilize TS4 suşu  $13 \text{ nmol g}^{-1}$  yaş ağırlık VHb üretmiştir (Şekil 1). MGM besiyeri içerisinde ise TS4 suşu serbest formda iken  $47.9 \text{ nmol g}^{-1}$  yaş ağırlık VHb üretirken immobilize formda ise  $108.8 \text{ nmol g}^{-1}$  yaş ağırlık VHb üretmiştir. VHb ekspresyonu ve etanol üretimi ilişkili önceki çalışmalarla da hemoglobin ekspresyonunun belirli miktarlardan fazla olmasının etanol üretiminin ters yönde etkileyebileceğini de rapor edilmiştir (Sanny ve ark., 2010). Söz konusu durumun nedeni, zengin olmayan MGM besiyerinde hücre metabolizmasının etanol üretimi yerine daha çok hemoglobin sentezine yönelmesi olabilir.



Şekil 1. MEM ve MGM besiyerleri içerisinde serbest (SH) ve immobilize (İH) TS4 suşunun VHb ( $\text{nmol g}^{-1}$ ) ekspresyon değerleri.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Alternatif yeni karbon kaynaklarının potansiyellerinin belirlenmesi ticari amaçla biyoetanol üretimini ileri bir boyuta taşıyacaktır. Hammadde çeşitliliğinin olması mevcut kaynakların fiyatlarında düşüğe neden olacaktır. Ekonomik anlamda maliyetin düşürülerek zengin fermentasyon ortamlarının oluşturulabileceği yeni hammaddelerin keşfi ile ülkemizde biyoetanol üretimine yeni yatırımların yapılması konusunda teşvik sağlayacaktır.

Bu çalışma ile ilk kez biyoetanol üretimi bir içecek/gıda sanayi ürünü olan malt özütü içeren fermentasyon besiyerinden immobilizasyon ve VHb ekspresyonunun birlikte kullanılmasıyla etkin bir şekilde artırılması çalışılmıştır. İleriki çalışmalarla biyoetanol üretiminin büyük ölçekli fermentasyon koşullarında denenmesi ile kitlesel üretimin kontrollü koşullar altında sağlanma potansiyeli belirlenmesi önemlidir. Sonuç olarak, arpa malt özütü besiyerinden VHb eksprese eden fermentatif *E. coli* suşları ile etanol üretiminin arttığı ve bakteriyel hemoglobin ekspresyonu ile immobilizasyonun etanol üretiminde avantajlı ve pratik bir araç olarak kullanılabileceği saptanmıştır.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Abanoz, K., Stark, B. C., ve Akbas, M. Y. 2012. Enhancement of ethanol production from potato-processing wastewater by engineering *Escherichia coli* using *Vitreoscilla* haemoglobin. *Letters in Applied Microbiology*, 55(6), 436–443.
- Akbas, M. Y., Sar, T., ve Ozcelik, B. 2014. Improved ethanol production from cheese whey, whey powder, and sugar beet molasses by “*Vitreoscilla* hemoglobin expressing” *Escherichia coli*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 78(4), 687–694.
- Balat, M. 2011. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 858–875.
- Capece, A., De Fusco, D., Pietrafesa, R., Siesto, G., ve Romano, P. 2021. Performance of wild non-conventional yeasts in fermentation of wort based on different malt extracts to select novel starters for low-alcohol beers. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–17.
- Dien, B. S., Nichols, N. N., O’Byrne, P. J., ve Bothast, R. J. 2000. Development of new ethanologenic *Escherichia coli* strains for fermentation of lignocellulosic biomass. *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*, 84–86, 181–196.
- Duarte, J. C., Rodrigues, J. A. R., Moran, P. J. S., Valença, G. P., ve Nunhez, J. R. 2013. Effect of immobilized cells in calcium alginate beads in alcoholic fermentation. *AMB Express*, 3, 1–8.
- Durgun, T. 2008. Malt Ekstraktı Üretimi ve Değerlendirilmesi. *Gıda*, 33(1), 43–51.
- Durgun, T., ve Kılıç, O. 1978. Malt, Maltözü ve Bira Üretiminde Teknoloji ve Bileşim İlişkileri. *Gıda*, 3(4), 139–148.
- Ghorbani, F., Younesi, H., Esmaeili Sari, A., ve Najafpour, G. 2011. Cane molasses fermentation for continuous ethanol production in an immobilized cells reactor by *Saccharomyces cerevisiae*. *Renewable Energy*, 36(2), 503–509.
- Harde, S. M., Bankar, S. B., Ojamo, H., Granström, T., Singhal, R. S., ve Survase, S. A. 2014. Continuous lignocellulosic ethanol production using *Coleus forskohlii* root hydrolysate. *Fuel*, 126, 77–84.
- Ivanova, V., Petrova, P., ve Hristov, J. 2011. Application in the Ethanol Fermentation of Immobilized Yeast Cells in Matrix of Alginate/Magnetic Nanoparticles, on Chitosan-Magnetite Microparticles and Cellulose-coated Magnetic Nanoparticles. *International Reviews of Chemical Engineering*, 3(March), 289–299.
- Kahraman, H., ve Erenler, S. O. 2012. Rhamnolipid production by *Pseudomonas aeruginosa* engineered with the *Vitreoscilla* hemoglobin gene. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 48(2), 188–193.
- Kahraman, Hüseyin, Aytan, E., ve Kurt, A. G. 2011. Production of methionine  $\gamma$ -lyase in recombinant *Citrobacter freundii* bearing the hemoglobin gene. *BMB Reports*, 44(9), 590–594.
- Khosla, C., ve Bailey, J. E. 1988. Heterologous expression of a bacterial haemoglobin improves the growth properties of recombinant *Escherichia coli*. *Letters to Nature*, 331, 633–635.
- Kosseva, M. R. 2011. Immobilization of Microbial Cells in Food Fermentation Processes. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 1089–1118.
- Kourkoutas, Y., Bekatorou, A., Banat, I. M., Marchant, R., ve Koutinas, A. A. 2004. Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: A review. *Food Microbiology*, 21(4), 377–397.
- Liu, F., Jian, J., Shen, X., Chung, A., Chen, J., ve Chen, G. Q. 2011. Metabolic engineering of *Aeromonas hydrophila* 4AK4 for production of copolymers of 3-hydroxybutyrate and medium-chain-length 3-hydroxyalkanoate. *Bioresource Technology*, 102(17), 8123–8129.
- Odibo, F. J. C., Nwankwo, L. N., ve Agu, R. C. 2002. Production of malt extract and beer from Nigerian sorghum varieties. *Process Biochemistry*, 37(8), 851–855.
- Ortiz-Muñiz, B., Carvajal-Zarrabal, O., Torrestiana-Sanchez, B., ve Aguilar-Uscanga, M. G. 2010. Kinetic study on ethanol production using *Saccharomyces cerevisiae* ITV-01 yeast isolated from sugar cane molasses. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 85(10), 1361–1367.
- Park, J. K., ve Chang, H. N. 2000. Microencapsulation of microbial cells. *Biotechnology Advances*, 18(4), 303–319.
- Pérez-Carrillo, E., Cortés-Callejas, M. L., Sabillón-Galeas, L. E., Montalvo-Villarreal, J. L., Canizo, J. R., Moreno-Zepeda, M. G., ve Serna-Saldivar, S. O. 2011. Detrimental effect of increasing sugar concentrations on

- ethanol production from maize or decorticated sorghum mashes fermented with *Saccharomyces cerevisiae* or *Zymomonas mobilis*. *Biotechnology Letters*, 33(2), 301–307.
- Salimi, E., Saragas, K., Taheri, M. E., Novakovic, J., Barampouti, E. M., Mai, S., Moustakas, K., Malamis, D., ve Loizidou, M. 2019. The Role of Enzyme Loading on Starch and Cellulose Hydrolysis of Food Waste. *Waste and Biomass Valorization*, 10(12), 3753–3762.
- Sanny, T., Arnaldos, M., Kunkel, S. A., Pagilla, K. R., ve Stark, B. C. 2010. Engineering of ethanolic *E. coli* with the *Vitreoscilla* hemoglobin gene enhances ethanol production from both glucose and xylose. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 88(5), 1103–1112.
- Sar, T., Stark, B. C., ve Yesilcimen Akbas, M. 2017. Effective ethanol production from whey powder through immobilized *E. coli* expressing *Vitreoscilla* hemoglobin. *Bioengineered*, 8(2), 171–181.
- Sar, T. ve Yesilcimen Akbas, M. 2019. Investigation of Effective Immobilization Method for Ethanol Producing *E. coli* Strain. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(2), 217–220.
- Şar, T., ve Akbaş, M. Y. 2016. Biyoetanol Üretimi İçin Gıda İşleme Atıklarının Asit Hidrolizi Acid Hydrolysis of Food Processing Wastes for Bioethanol Production. *Akademik Gıda*, 14(1), 15–20.
- Schormüller, J. 1974. Pflanzliche Lebensmittel. In *Lehrbuch der Lebensmittelchemie* (pp.456-721). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Scully, S. M., ve Orlygsson, J. 2015. Recent advances in second generation ethanol production by thermophilic bacteria. *Energies*, 8(1), 1–30.
- Stark, B. C., Dikshit, K. L., ve Pagilla, K. R. 2012. The biochemistry of *Vitreoscilla* hemoglobin. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 3(4), e201210002.
- Sumer, F., Stark, B. C., ve Yesilcimen Akbas, M. 2015. Efficient ethanol production from potato and corn processing industry waste using *E. coli* engineered to express *Vitreoscilla* haemoglobin. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 36(18), 2319–2327.
- Swain, M. R., Kar, S., Sahoo, A. K., ve Ray, R. C. 2007. Ethanol fermentation of mahula (*Madhuca latifolia* L.) flowers using free and immobilized yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiological Research*, 162(2), 93–98.
- Webster, D. A., ve Liu, C. Y. 1974. Reduced Nicotinamide Adenine Dinucleotide Cytochrome o Reductase Associated with Cytochrome o Purified from *Vitreoscilla*. *Journal of Biological Chemistry*, 249(13), 4257–4260.
- Wilaithup, A., Sultan, I. N., Tareen, A. K., Laemsak, N., Sirisansaneeyakul, S., Vanichsriratana, W., ve Parakulsuksatid, P. 2022. Bioethanol production from oil palm trunk fibers using activated immobilized *Saccharomyces cerevisiae* SC90 under simultaneous saccharification and fermentation. *Bioenergy Research*, 1972–1981.
- Woiciechowski, A. L., Nitsche, S., Pandey, A., ve Soccol, C. R. 2002. Acid and enzymatic hydrolysis to recover reducing sugars from cassava bagasse: An economic study. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(3), 393–400.
- Xu, M., Rao, Z., Xu, H., Lan, C., Dou, W., Zhang, X., Xu, H., Jin, J., ve Xu, Z. 2011. Enhanced production of L-arginine by expression of *Vitreoscilla* hemoglobin using a novel expression system in *Corynebacterium crenatum*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 163(6), 707–719.
- Zabed, H., Sahu, J. N., Suely, A., Boyce, A. N., ve Faruq, G. 2017. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71(October 2015), 475–501.
- Zhang, W., Xie, H., He, Y., Feng, J., Gao, W., Gu, Y., Wang, S., ve Song, C. 2013. Chromosome integration of the *Vitreoscilla* hemoglobin gene (*vgb*) mediated by temperature-sensitive plasmid enhances  $\gamma$ -PGA production in *Bacillus amyloliquefaciens*. *FEMS Microbiology Letters*, 343(2), 127–134.
- Zhu, Y. 2006. Immobilized Cell Fermentation for Production of Chemicals and Fuels. *Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources: New Technologies and Applications*, 373–396.

## Farklı Hayvan Gübreleri ve Mısır Silajından Biyogaz Üretmek İçin Optimum Şartların Belirlenmesi: Box-Behnken Tasarımı ve Mekanizması

Nurlan AKHMETOV<sup>1,2\*</sup>, İrfan AR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Türk-Kazak Üniversitesi, Türkistan, Kazakistan

<sup>3</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [nurlanahmet13@gmail.com](mailto:nurlanahmet13@gmail.com)

Geliş Tarihi: 02.11.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 26.04.2023 Kabul Tarihi: 07.06.2023

### ÖZ

Bu çalışmada inek gübresi, at gübresi, deve gübresi ve mısır silajının anaerobik fermantasyonu çalışılmış ve bağımlı değişken uçucu katı madde (UKM) giderimi için istatistiksel bir model geliştirilmiştir. Toplam katı madde (TKM) yüzdesi, substratların karışım oranı (SKO) ve çamur yüzdesi, 2<sup>3</sup> - faktöriyel deneysel tasarımına göre bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Bağımsız değişkenlerin UKM giderimi üzerine olan etkilerinin incelenmesinde Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi "Minitab-21.1.1.0" programı ile sağlanmıştır. Geliştirilen model kullanılarak en yüksek UKM giderimi, TKM (%), SKO ve çamur (%) sırasıyla 3, 1.87, 17.68 değerlerinde %66,97 olarak elde edilmiştir. Varyans analizinin (ANOVA) sonucunda R<sup>2</sup> değeri %98.41 olmuştur. Deney sonuçları dikkate alındığında, cevap yüzey yönteminin farklı hayvan gübreleri ile mısır silajının birlikte fermantasyonunda başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Biyogaz, anaerobik fermantasyon, Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi, hayvan gübresi, mısır silajı

## Determination of Optimum Conditions for Biogas Production from Different Animal Manures and Maize Silage: Box-Behnken Design and Mechanism

### ABSTRACT

In this study, anaerobic fermentation of cow, horse, camel manures and maize silage and a statistical model was developed for the removal of dependent variable volatile solids (VS). Total solids (TS), mixture of substrates (MS) and sludge ratios were chosen as independent variables according to the 2<sup>3</sup> - factorial experimental design. Box-Behnken experimental design method was used to examine the effects of independent variables on VS removal. Statistical evaluation of the results obtained were provided with the program "Minitab-21.1.1.0". Using the developed model, the highest VS removal, TS (%), MS ratio and sludge (%) were obtained as 66.97% at 3, 1.87, and 17.68 values, respectively. As a result of analysis of variance (ANOVA), the R<sup>2</sup> value was found as 98.41%. Considering the experimental results, it has been seen that the response surface method can be used successfully in the co-fermentation of different animal manures and maize silage.

**Key words:** Biogas, anaerobic fermentation, Box-Behnken experimental design method, animal manure, maize silage

## GİRİŞ

Dünyadaki nüfusun artması, modern sanayi ve teknoloji ile enerji gereksiniminin artmasına sebep olmuştur. Söz konusu enerji ihtiyacının karşılanması için fosil kaynakların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Canbaz ve Bulut, 2021). Dolayısıyla fosil kaynaklar azalmakta ve iklim değişikliği gibi doğaya verilen zararlar artmaktadır. Enerji kullanımının yarattığı çevresel etkileri azaltmak ya da en düşük düzeyde tutabilmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak gerekmektedir (Öztürk ve Kaya, 2012).

BM tarafından yayınlanan “Dünya Nüfus Beklentisi” başlıklı raporda belirtildiği gibi dünya nüfusunun 2050 yılında 9.7 milyar olacağı öngörülmektedir (Anonim, 2019). Nüfusun artışı daha fazla tüketime sebep olmaktadır. Evsel ve hayvansal atıkların doğal ortamda birikmesi, çevre sorunlarını yaratan kaynakların en önemlilerinin başındadır. Son yıllarda ekonomisi ve teknolojisi ileri düzeyde olan ülkelerde enerji kaynak gereksinimlerinin karşılanması için organik atıklardan yararlanma çalışmalarına başlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından önemli birisi olan biyokütle enerjisinin küresel enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %25’ini karşılayabileceği tahmin edilmektedir (Rawat, 2011).

Biyogaz üretiminde hammadde olarak kullanılan biyokütle evsel ihtiyaçlarda ve endüstriyel uygulamalarda yakıt olarak değerlendirilmektedir. Tarımsal atıklar, hayvan gübreleri, belediye ve endüstriyel atıklar biyokütle kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ülke genelinde biyokütle kaynağından elektrik üretiminde kullanılan biyoyakıtların içinde biyogazın payı yüksektir (Işık ve Yavuz, 2022).

Anaerobik biyoteknoloji, doğal ortamın kirlenmesine yol açan yüksek miktarda karbon içeren atıkların arıtımını sağlayarak biyogaz üretebilmesi nedeni ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır (Karataş, 2006).

Mısır enerji bitkileri içinde yüksek tarla verimi nedeniyle biyogaz üretiminde kullanılan en yaygın hammaddelerden biridir. Anaerobik fermantasyon için mısır silajı ve hayvan gübreleri uygun kaynaklardır. Literatürdeki bilimsel çalışmalarda hayvan gübresinin tek başına anaerobik fermantasyonu yerine mısır silajının eklenmesi ile yüksek biyogaz ve metan verimi elde edilebileceği bildirilmiştir. Ülkemizde çiftlik hayvanlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu durum doğrudan hayvan gübrelerinin artmasına yol açmaktadır. Özellikle hayvancılığın yaygın olduğu bölgelere ve orada yaşayan bölge sakinlerine büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 yılı sonu verilerine göre ülkemizde toplam inek sayısı 17 965 482 baş, manda 192 489 baş, at 83 718 baş, deve ise 1 204 baş olduğu belirlenmiştir (TÜİK, 2021).

Bir inek günde ortalama 23 kg, at günde yaklaşık 20.4 kg ve deve ise günde 10-17 kg kuru gübre dışkılamaktadır. Bu sebeple hayvan gübrelerinin bertarafı ve değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar araştırmacılar tarafından sürdürülmektedir (Coşkun ve ark., 2011; Kakar, 2016; Zacharias, 2019).

Biyogaz enerjisinin üretimi ve kullanımı için uygulanabilecek alternatif teknolojiler hızla gelişmektedir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık yaygın olduğundan, biyogaz enerjisi için bol miktarda biyokütle mevcuttur (Çağlayan, 2020). Biyokütlenin anaerobik fermantasyonu sonucunda biyogaz ortaya çıkar (Kadam ve Panwar, 2017). Biyogaz hayvansal ve bitkisel atıklardan elde edilen yanıcı bir gazdır. Biyogazın ana bileşenleri metan ve karbondioksittir ve biyogazın içerisinde az miktarda su buharı, azot, hidrojen, hidrojen sülfür, oksijen ve karbonmonoksit bulunmaktadır (Pizzuti ve ark., 2016). Hayvansal ve bitkisel atıklardan üretilen biyogaz, ısınma ve elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Hayvan gübrelerinin gaza dönüştürülmesi sonucunda gübrelerin kötü kokusu hissedilmeyecek kadar azalmaktadır. Anaerobik fermantasyon işleminden sonra ortaya çıkan katı ve sıvı artıklar değerli organik gübre niteliğindedir (Çanka Kılıç, 2011).

Çevre kirliliği etkisi ile bilinen peynir altı suyu ile inek gübresi karışımlarından kg uçucu katı madde başına 621 L ve %55’i CH<sub>4</sub> olan biyogaz üretimi başarılıdır, ayrıca %65’e varan kütlece peynir altı suyu ile yapılan çalışmalarda pH kontrolü için kimyasal kullanılmasına gerek olmaması çalışmayı dikkat çekici hale getirmiştir (Comino ve ark., 2012).

Gıda atıklarının sırasıyla biyogaz ve hidrojen üretimi ile Çin’de 221 milyon ton H<sub>2</sub> üretilebileceğini gösteren bir araştırmada ayrıntılı ekonomik analizler yapılarak konunun enerji potansiyeli temellendirilmiştir (Cudjoe ve ark., 2022).

Biyogaz üretimi için yaş inek gübresi ile mısır silajının taze kuru ve saman formlarının karıştırıldığı bir araştırmada taze mısır silajının biyogaz veriminin 470 mL/g kuru madde olarak gerçekleştiği ayrıca biyogazın CH<sub>4</sub> içeriğinin taze mısır silajı kullanımında en yüksek verimde olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2016).

Yapılan diğer bir çalışmada mezofilik kesikli sistemde inek gübresi ve zeytin artığının ortak anaerobik fermantasyonu üzerine toplam katı madde (TKM) yüzdesinin etkisi incelenmiştir. Deneylerde 3 farklı TKM yüzdesi (%10, %15, %20) uygulanmıştır. En yüksek UKM giderimi (%57,5) %10 TKM uygulanan reaktörde bulunmuştur. Deney sonuçlarına göre TKM yüzdesinin artmasıyla UKM giderim hızının azaldığı görülmüştür (Rubio ve ark., 2022).

Araştırmalarımız kapsamında literatürde, üç farklı hayvan gübresi karışımı ile mısır silajından oluşan karışım kullanılarak anaerobik fermantasyonla biyogaz üretimi üzerine yapılan çalışmaya rastlanmamıştır. Özgün

olan bu çalışma ile hayvansal ve bitkisel atıklardan biyogaz üretimine ait bilimsel veriler üretilmesi planlanmıştır. Literatürdeki bilimsel çalışmalarda da görüldüğü gibi hayvansal ve bitkisel atıklardan biyogaz üretimi güncelliğini koruyan, bilim insanlarının dikkatini çeken bir konudur. Bu çalışmada farklı hayvan gübreleri ve mısır silajı içeren biyoreaktörler mezofilik (37°C) şartlar altında 32 gün boyunca çalıştırılmıştır.

Biyoreaktörlerin çalışma koşulları Box-Behnken deneysel tasarım yöntemine göre tasarlanmıştır. Deneylemlerden elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi “Minitab 21.1.1.0” programı ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi (ANOVA) testi ise bağımsız değişkenlerin model üzerine olan etkilerini incelemede kullanılmıştır. Ayrıca toplam katı madde yüzdesi (A), substratların karışım oranı (B) ve çamur oranının (C) uçucu katı madde giderimine (Y) bağlı kodlanmış değerlerden oluşan model eşitliği elde edilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Deneysel çalışmada kullanılan substratların özellikleri

Anaerobik fermantasyon ile biyogaz üretiminde substrat olarak süt sığırları gübresi, at gübresi, deve gübresi ve mısır silajı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan inek gübresi ve mısır silajı Sincan İlçesindeki “Yeni Peçenek” çiftliğinden temin edilmiştir. At ve deve gübreleri ise Sincan Hayvanat Parkı’ndan temin edilmiştir. Alınan gübrenin taze olmasına dikkat edilmiştir. Deneylemde aşı olarak eklenen özümleyici (biyogaz tesisinin atık su arıtma çamuru) ise ASKİ’nin Ankara merkezi atık su arıtma tesisinde bulunan biyogaz tesisinin anaerobik çamur çürütme tanklarından alınmıştır. Bu tankların sıcaklığı anaerobik arıtım için mezofilik koşullarda en uygun sıcaklık olan 35±2°C’de sabit tutulmaktadır. Yapılan denemelerde de sıcaklık mikroorganizmaların alışık olduğu 37°C’de yapılmıştır. ASKİ’den alınan özümleyicinin denemede kullanılabileceği kadar aynı sıcaklıkta korunmasını sağlamak, mikroorganizmaların etkinliklerini sürdürmesi için önem taşımaktadır. Bu yüzden özümleyiciler tesisten termoslarla alınarak laboratuvar ortamında biyoreaktörlere koyulana kadar 37°C’deki etüvde saklanmıştır. Deneylemde kullanılan substratların özellikleri Standart Yöntemler’e göre belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneysel çalışmada kullanılan substratların özellikleri

Substrat	TKM (Toplam katı madde), g TKM/g gübre	Nem, %	SKM (Sabit katı madde), (g SKM/g TKM)	UKM (Uçucu katı madde), (g UKM/g TKM)
İnek gübresi	0.1553	84.4726	0.0203	0.135
At gübresi	0.279	72.1009	0.0361	0.2429
Deve gübresi	0.4003	59.9722	0.0658	0.3345
Mısır silajı (nemli)	0.2647	73.5313	0.0276	0.2371
Mısır silajı (kuru)	0.9393	6.0706	0.0555	0.8838
Çamur	0.019	98.0976	0.0117	0.0073

### Deneysel tasarım

Minitab en eski istatistik yazılımlarından birisidir. Kökeni seksenli yılların ortalarından başlar. Barbara F. Ryan tarafından geliştirilen bu yazılım paketi, verileri özetleyebilir, grafikler üretebilir ve regresyon analizi, varyans analizi, kontrol grafiği yapabilir. Temel faktöriyel tasarımları, kesirli faktöriyel tasarımları, cevap yüzeyi tasarımlarını ve Plackett-Burman tasarımlarını destekleyebilir. Tepki yüzeyi desteği, Box-Behnken ve tüm merkezi kompozit tasarım biçimlerini içerir (Khattree ve Rao, 2003).

Faktöriyel tasarımı cevap yüzey tasarımına dönüştürmek çok kolaydır. Yazılım ayrıca nitel faktörleri içeren etkileşim grafiklerini de destekler (bu tür analizlerin sonuçlarını okurken çok faydalıdır). Minitab, kullanımı kolay ve kullanıcının her yanıt için hedefleri belirlemesine olanak tanıyan çok uygun bir optimizasyon bölümüne sahiptir. Sonuçlar, yorumlanması kolay olan çizelge biçiminde ve işlevlerde gösterilir. Yazılım ayrıca sonuçların yer paylaşımını da destekler. Kullanıcının, giriş parametreleri için optimum değerlerin yanı sıra eksenleri tanımlamasını sağlar (Djimtoingar ve ark., 2022).

Cevap yüzeyi yöntemi (CYY), birden fazla faktörden (bağımsız değişken) etkilenen bir veya birden fazla yanıtı optimize etmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir (Khuri ve Mukhopadhyay, 2010). CYY’nin temel avantajı, daha az sayıda deneysel deneme olması, bu da onu zaman ve maliyet açısından verimli hale getirmektedir (Djimtoingar ve ark., 2022).

CYY, her şeyden önce, tahminin (mümkün olduğunda) en kesin olduğu şekilde, deneyin uygulanabilir bölgenin hangi noktalarında yapılması gerektiğine karar vermek için bir kriterler topluluğudur. Araştırmanın

sorunu, deney alanı ve yanıtı tanımladıktan sonra, CYY bir yandan alternatif deneysel stratejiler ve diğer yandan bunları değerlendirmek için kriterler sağlar. En büyük avantaj, deneyi incelenen probleme uyarlama görevinin deneyleri gerçekleştirmeden önce gerçekleştirilmesidir (Sarabia ve Ortiz, 2009).

CYY birçok endüstride ve çeşitli araştırma alanlarında, özellikle biyo-enerji alanında yardımcı olan değerli bir istatistik tabanlı optimizasyon yöntemi olduğu kanıtlanmıştır (Djimtoingar ve ark., 2022).

Bağımsız değişkenler olarak toplam katı madde yüzdesi (A), substratların karışım oranları (B) ve çamur yüzdesi (C) seçilmiştir. Uçucu katı madde giderimi (Y) ise bağımlı değişkendir.

Bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve gerçek değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

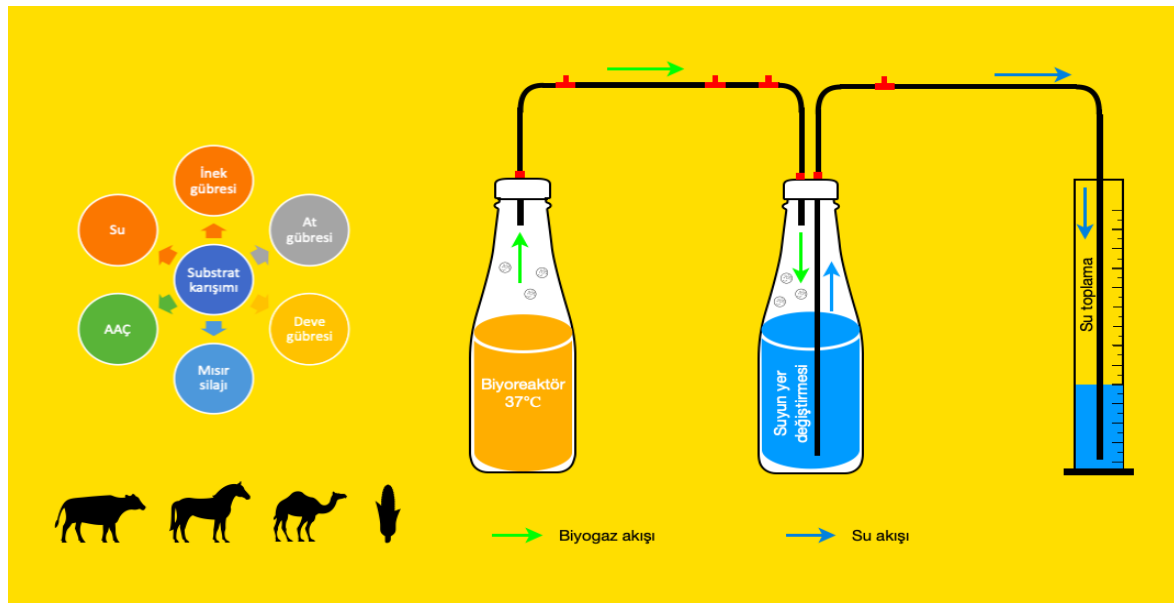
Çizelge 2. Bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve gerçek değerleri

Giriş faktörleri	Kod	Seviye		
		-1	0	+1
TKM, (%)	A	3	5.5	8
Substratların karışım oranları	B	1 (25/45/25/5)	2 (45/25/25/5)	3 (25/25/45/5)
Çamur, (%)	C	10	20	30

### Deney düzeneği

Deneyler 0.5 litre toplam hacimli ve 0.3 litre çalışma hacimli 15 adet cam biyoreaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Biyoreaktörlere üç farklı TKM yüzdesine sahip substratların karışımı (mısır silajı, at, inek ve deve gübresi) eklenerek üzerine aşılama çamuru ve saf su ilave edilmiştir. Anaerobik sindirim için kullanılan substratların istenilen TKM içerikleri (%3, %5,5 ve %8) saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır. Biyoreaktörlere aşı maddesi olarak eklenen biyogaz tesisinden temin edilen atık su arıtma çamuru %10, %20 ve %30 oranlarında uygulanmıştır. Deneyler mezofilik sıcaklık koşullarında ( $37\pm 2^\circ\text{C}$ ), 32 gün boyunca yürütülmüştür. Substrat karışımının pH’sı NaOH çözeltisi ilave edilerek 6,8-7,4 değerleri arasında olmasına özen gösterilmiştir. pH ve sıcaklık ayarlandıktan sonra anaerobik fermentasyon başlatılmıştır. Substrat, su ve çamur homojen bir şekilde karışması için biyoreaktörler periyodik olarak günde 3 kez yavaşça elle çalkalanmıştır. Biyoreaktörlerdeki sıcaklık deney boyunca  $37^\circ\text{C}$ ’de kalmasına özen gösterilmiştir. Bu nedenle söz konusu sıcaklığa ayarlanan iki adet Memmert WNB 14 markalı su banyoları kullanılmıştır.

Deney düzeneğinin genel şematik gösterimi Şekil 1’de, laboratuvar ortamında çekilen fotoğrafı ise Resim 1’de verilmiştir. Biyoreaktörlerden başlangıçta ve fermentasyon süreci tamamlandıktan sonra analiz için örnekler alınmıştır. Bu örneklerin UKM analizleri üç defa tekrarlanıp elde ettiğimiz değerlerin aritmetik ortalaması değerlendirilmiştir.



Şekil 1. 0,5 L Kapasiteli anaerobik sindirim sisteminin şeması



Resim 1. 0,5 L kapasiteli anaerobik sindirim sistemi ve su banyoları

### Ölçüm yöntemleri

Tüm analizler (TKM, UKM, SKM) Standart yöntem'e göre gerçekleştirilmiştir (APHA, 1998). pH ölçümlerinde PL-700 AL pH-metre kullanılmıştır.

Deneyde kullanılan substratların toplam katı madde (TKM), sabit katı madde (SKM) ve uçucu katı madde (UKM) analizlerinde kullanılan etüv ve kül fırını Resim 2 ve 3'de gösterilmiştir.



Resim 2. Etüv (Nüve EV 018)



Resim 3. Kül fırını

### BULGULAR ve TARTIŞMA

“Box-Behnken” deneysel tasarım yöntemi kesikli sistemin çalışma koşullarını tasarlamada kullanılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi “Minitab 21.1.1.0” programı ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi (ANOVA) testi ise bağımsız değişkenlerin model üzerine olan etkilerini incelemeye kullanılmıştır. Deneysel tasarım ve UKM (Uçucu katı madde) giderim oranları Çizelge 3’de, ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 4’de verilmiştir.

UKM giderimi (%) için yapılan test sonuçlarında elde edilen kodlanmış değerlerden oluşan model eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$Y \text{ (UKM giderimi, \%)} = 60.47 - 3.596 A + 11.48 B + 0.672 C + 0.1209 A^2 - 3.453 B^2 - 0.02482 C^2 + 0.129 AB + 0.0259 AC + 0.0324 BC$$

ANOVA testinde en önemli parametre p-değeridir. Bu değer maksimum 0.05 olması şarttır. p-değeri 0.05’ten yüksek olan faktörün model üzerindeki etkisi anlamsız olarak kabul edilir. p-değeri 0.05’ten küçük



olması, o faktörün model üzerindeki etkisinin yüksek olduğunu gösterir (Ekinci ve Mutlu, 2009). Buna göre model üzerinde etkisi en fazla olan terimler toplam katı madde yüzdesi (A), substratların karışım oranlarının karesi (B<sup>2</sup>), çamur oranının karesi (C<sup>2</sup>), çamur oranı (C) ve substratların karışım oranları (B) dir. Modelden elde edilen R<sup>2</sup> değeri – 0.9841’dir. Bu değer bire yakın olması uygulanan tüm deneysel çalışma sonuçlarını iyi ifade ettiği anlamına gelmektedir.

Çizelge 3. Deneysel tasarım ve UKM (Uçucu katı madde) giderim oranları

Biyoreaktör	TKM (Toplam Katı Madde), (%)	Substratların karışım oranları, %	Çamur, %	UKM (Uçucu katı madde) giderimi, %
1	3	1 (25/45/25/5)	20	65
2	3	3 (25/25/45/5)	20	62
3	3	2 (45/25/25/5)	10	67
4	3	2 (45/25/25/5)	30	63
5	5.5	1 (25/45/25/5)	10	60
6	5.5	3 (25/25/45/5)	10	57
7	5.5	1 (25/45/25/5)	30	56
8	5.5	3 (25/25/45/5)	30	54
9	8	1 (25/45/25/5)	20	57
10	8	3 (25/25/45/5)	20	56
11	8	2 (45/25/25/5)	10	57
12	8	2 (45/25/25/5)	30	57
13	5.5	2 (45/25/25/5)	20	62
14	5.5	2 (45/25/25/5)	20	63
15	5.5	2 (45/25/25/5)	20	62

Çizelge 4. UKM giderimi (%) için yapılan varyans analizi (ANOVA)

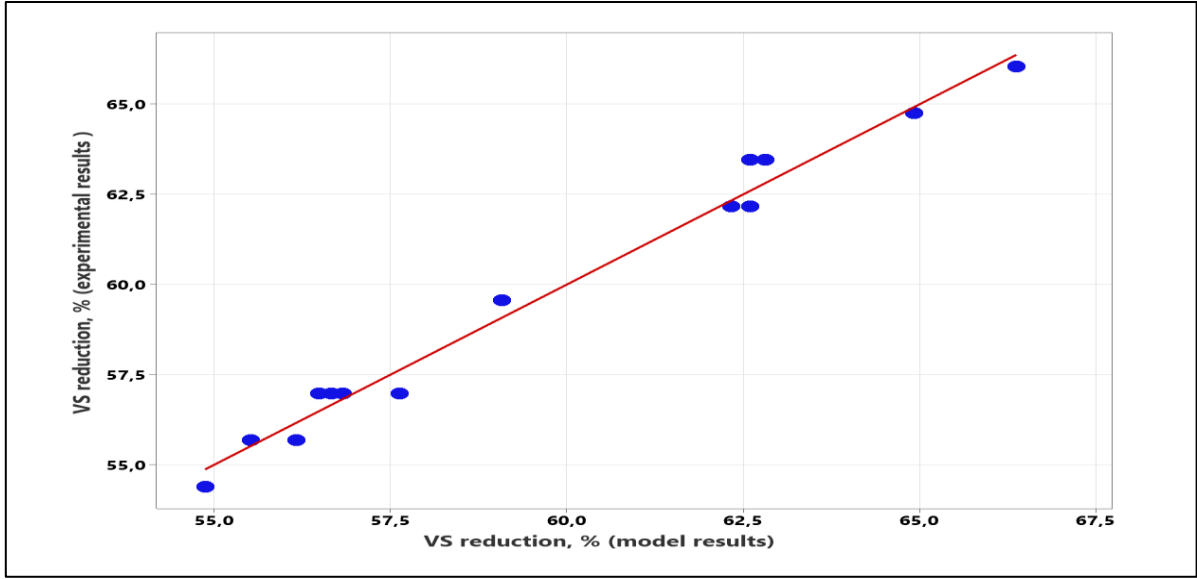
Kaynak	SD	AKT	AOK	F-değeri	P-değeri	Önemi
Model	9	198.700	22.078	34.34	0.001	*
A-TKM	1	110.893	110.893	172.50	0.000	*
B-Subst. karışım oranları	1	7.547	7.547	11.74	0.019	*
C-Çamur	1	10.272	10.272	15.98	0.010	*
AB	1	0.419	0.419	0.65	0.456	#
AC	1	1.677	1.677	2.61	0.167	#
BC	1	0.419	0.419	0.65	0.456	#
A <sup>2</sup>	1	2.107	2.107	3.28	0.130	#
B <sup>2</sup>	1	44.033	44.033	68.49	0.000	*
C <sup>2</sup>	1	22.747	22.747	35.38	0.002	*
Hata	5	3.214	0.643			
Uygunsuzluk	3	2.096	0.699	1.25	0.473	#
Saf hata	2	1.118	0.559			
Toplam	14	201.914				

SD – Serbestlik derecesi; AKT - Ayarlanmış karelerin toplamı; Ayarlanmış ortalama kare; F – Fischer; p – Olasılık; R<sup>2</sup> - %98.41; \* - anlamlı; # - anlamsız.

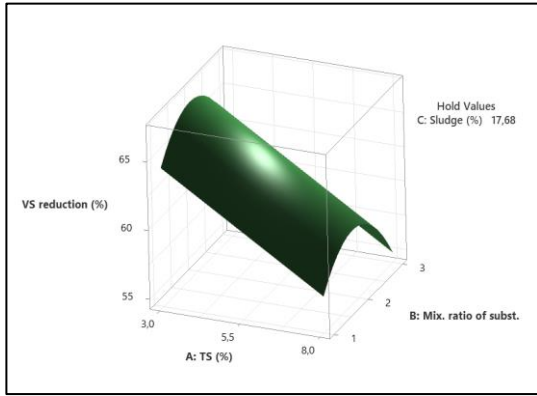
Modelden hesaplanan sonuçlar ile deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların karşılaştırılması Şekil 2’de gösterilmiştir. Grafik, sonuçların birbiriyle örtüşüğünü göstermektedir.

En yüksek UKM giderimine sahip (%) bağımsız değişkenlerin en optimal değerleri 3 (TKM, %), 1.87 (SKO), 17.68 (çamur, %) olarak bulunmuştur. Bu değerlerde UKM giderimi %66.97.

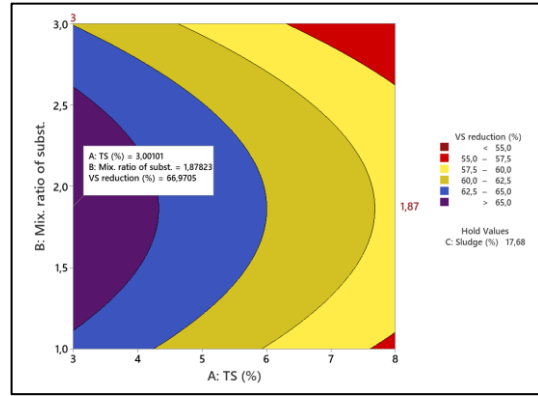
Optimum çamur oranında (%17.68) uçucu katı madde (UKM) giderimine substratın karışım oranları (SKO) ve toplam katı madde (TKM) yüzdesinin etkisini gösteren 3D grafik Şekil 3’de gösterilmiştir. Grafiğin eş yüzey eğrileri ise Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 2. UKM giderimi için modelden elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçların karşılaştırılması



Şekil 3. UKM giderim hızına substratların karışım oranları ve TKM yüzdesinin etkisi



Şekil 4. UKM giderim hızına substratların karışım oranları ve TKM yüzdesi etkisinin eş yüzey eğrileri gösterimi

Grafiklerde görüldüğü gibi UKM giderimi substratların karışım oranının belli bir değerine kadar artmış daha sonra UKM giderimi azalmıştır. TKM yüzdesi arttığında ise UKM giderimi düşmeye başlamıştır. En yüksek UKM giderimine (%66,97) 1,87 substratların karışım oranında ve %3 TKM yüzdesinde ulaşılmıştır.

Substratların optimum karışım oranında (1,87) uçucu katı madde (UKM) giderim hızına TKM yüzdesi ve çamur oranının etkisini gösteren 3D grafik Şekil 5'de gösterilmiştir. Grafiğin eş yüzey eğrileri ise Şekil 6'da verilmiştir.

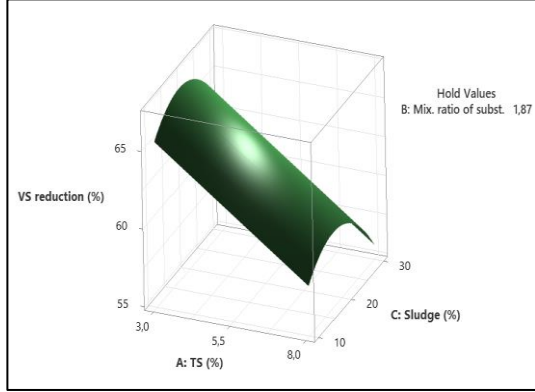
UKM giderimi üzerine toplam katı madde yüzdesi ve aşılama oranının etkisini gösteren grafikler incelendiğinde, UKM giderimi %17,68 çamur oranına kadar artmış daha sonra UKM giderimi azalmıştır. TKM yüzdesi arttığında ise UKM giderimi düşmeye başlamıştır. En yüksek UKM giderimine (%66,97) %17,68 çamur oranında ve %3 TKM yüzdesinde ulaşılmıştır.

Toplam katı madde yüzdesinin optimum değerinde (%3) uçucu katı madde (UKM) giderimine substratların karışım oranları ve çamur oranının etkisini gösteren 3D grafik Şekil 7'de gösterilmiştir. Grafiğin eş yüzey eğrileri ise Şekil 8'de verilmiştir.

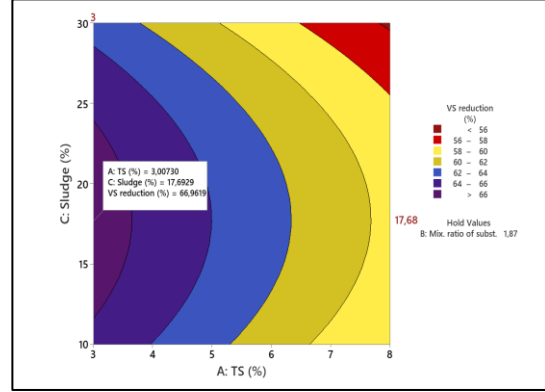
Grafiklerde görüldüğü gibi substratların karışım oranları ve çamur oranının artmasıyla UKM giderimi maksimum %66,97'e kadar artmış, sonrasında düşmeye başladığı görülmüştür.

Çizelge 3'de yer alan 3 nolu biyoreaktörde UKM giderim veriminin yüksek çıkmasının nedeni substrat karışımında %45 inek gübresinin olması ve %10 aşılama yapılmasıyla açıklanabilir. Çünkü inek gübresinde belli bir miktarda rumen sıvısı mevcuttur. Rumen sıvısı biyogaz üreten zengin mikroorganizmaları içerir ve aynı zamanda aşılama maddesi olarak kullanılır. Aşılamanın yapılması ortamdaki metanojen arke miktarını artırdığı için biyogaz üretim veriminin artmasına neden olduğu düşünülebilir. Agayev ve Ugurlu (2011) yapmış oldukları çalışmada mezofilik şartlar altında kesikli anaerobik sistemde substrat olarak at gübresini (%4 TKM) kullanmış ve 35 günlük

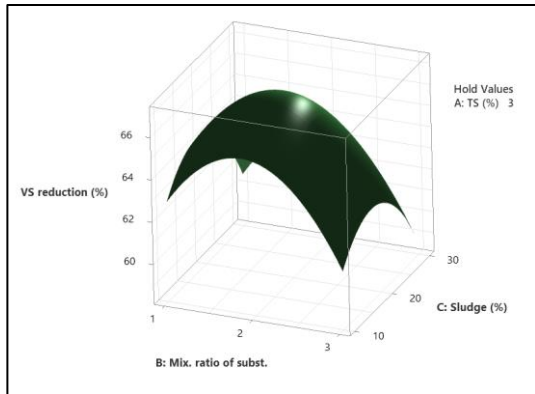
deney sonunda %90 UKM giderimi ile 410 mL/gUKM biyogaz verimi elde etmişler. Varol ve Ugurlu (2017) yılında yapmış oldukları çalışmada inek gübresi ve mısır silajının birlikte sindirimini araştırmışlardır. Spesifik biyogaz üretimi, %81-65 uçucu katı madde (UKM) giderimi ile 440 ve 320 mL/gUKM arasında elde etmişler. Mısır silajı, inek gübresi ile birlikte sindirildiğinde, spesifik biyogaz üretim oranları yaklaşık 1.2 kat arttığını bildirmişler. Bu çalışmada gerçekleştirilen deney sonuçları literatür bilgileriyle örtüşmektedir.



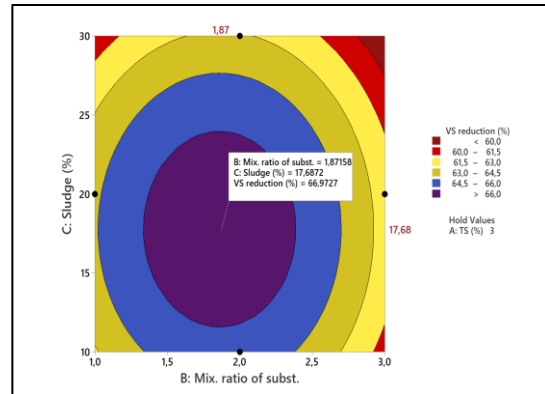
Şekil 5. UKM giderimine TKM yüzdesi ve çamur oranının etkisi



Şekil 6. UKM giderimine TKM yüzdesi ve çamur oranının etkisinin eş yüzey eğrilerle gösterimi



Şekil 7. UKM giderimine substratların karışım oranları ve çamur oranının etkisi



Şekil 8. UKM giderimine substratların karışım oranları ve çamur oranının etkisinin eş yüzey eğrilerle gösterimi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

UKM giderimi için yapılan analiz sonuçları "Minitab-21.1.1.0" programı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. UKM giderimine toplam katı madde yüzdesi, substratların karışım oranları ve çamur oranlarının birlikte etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada ulaşılan en yüksek kütlece biyogaz oranı olan %66.97 için başlangıçta %3 (w/v) olarak katı maddenin alındığı, kütlece % 83'lik uçucu katı içeriğinin yine kütlece % 66.97'sinin biyogaza dönüştüğü tespit edilmiştir. UKM miktarındaki azalma ile biyoreaktörlerde oluşan gazın orantılı olarak arttığı dolayısıyla ideal katı-gaz dönüşümün gerçekleştiği görülmüştür. Bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren grafiklere göre UKM giderimi bu bağımsız değişkenlere bağlı olarak bir maksimum nokta (%66.97) vermiştir. ANOVA testi ile elde edilen model eşitliğine bağımsız değişkenlerin ne derece etkili olduğu belirlenmiştir. p değerine bakıldığında model üzerinde etkisi en fazla olan parametreler toplam katı madde yüzdesi (A), substratların karışım oranlarının karesi (B<sup>2</sup>), çamur oranının karesi (C<sup>2</sup>), çamur oranı (C) ve substratların karışım oranları (B) olmuştur.

Deneyel modelin öngördüğü optimum koşullar %3 toplam katı maddenin kullanıldığı, substratların karışım oranlarının %1.87 olduğu ve aşılama yüzdesinin % 17.68 olduğu çalışma şartları olarak bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre ilk karışımında inek gübresi yüzdesinin artırılmasının biyogaz veriminin arttığı, bu çalışmada kullanılan %45 inek gübresi, %25 at gübresi, %25 deve gübresi ve % 5 mısır silajının kullanıldığı

karışımın verimi daha yüksek çıkmıştır. Modelden hesaplanan sonuçlar ile deneysel çalışmadan elde edilen sonuçları karşılaştırıldığında birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Modelden elde edilen regresyon katsayısı ( $R^2$ ) değeri – 0.9841'dir. Bu değer in bire yakın olması uygulanan modelin tüm deneysel çalışma sonuçlarını iyi ifade ettiğini göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçlarının ölçek geliştirmek isteyen mühendislere, tesis kurmak isteyen girişimcilere ve farklı atık tiplerinden biyogaz üretimi çalışmaları yapan bilim insanlarına ışık tutacağı öngörülmektedir.

**Teşekkür:** Araştırmamıza 06/2018-30 kod nolu projeye destekte bulunan Gazi Üniversitesi BAP Birimi'ne teşekkür ederiz.

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

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

## KAYNAKLAR

- Anonim. 2019. 9.7 billion on Earth by 2050, but growth rate slowing, says new UN population report. UN News. <https://news.un.org/en/story/2019/06/1040621>. (Erişim tarihi: 17.06.2019)
- Agayev, E., and Ugurlu, A. (2011). Biogas Production from Co-Digestion of Horse Manure and Waste Sewage Sludge. *TechConnect Briefs*, 3: 657-660.
- APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th Edition). American Public Health Association.
- Comino, E., Riggio, V. A., and Rosso, M. 2012. Biogas production by anaerobic co-digestion of cattle slurry and cheese whey. *Bioresource Technology*, 114: 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.090>
- Coşkun, T., Manav, N., Debik, E., Binici, M.S., Tosun, C., Mehmetli, E., ve Baban, A. 2011. Büyükbaş Hayvan Atıklarının Anaerobik Çürütülmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2(3): 1-9.
- Cudjoe, D., Chen, W., and Zhu, B. 2022. Valorization of food waste into hydrogen: Energy potential, economic feasibility and environmental impact analysis. *Fuel*, 324: 124476. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124476>
- Çağlayan, G. H. 2020. Doğu Anadolu Bölgesindeki Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3): 672-681. <https://doi.org/10.30910/turkjans.699879>
- Çanka Kılıç, F. 2011. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri. *Mühendis ve Makina*, 52: 94-106.
- Djimtoingar, S. S., Derkyi, N. S. A., Kuranchie, F. A., and Yankyera, J. K. 2022. A review of response surface methodology for biogas process optimization. *Cogent Engineering*, 9(1): 2115283. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2115283>
- Ekinci, M.S. ve Mutlu, S.F. 2009. Tavuk Dışkılarının Anaerobik Arıtımında İstatistiksel Teknik Kullanılarak En Uygun Koşulların Belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 24(4): 687-692
- Işık, S. ve Yavuz, S. 2022. Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlara Genel Bir Bakış. *European Journal of Science and Technology*. 34: 193-201. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1079255>
- Kadam, R., and Panwar, N.L. 2017. Recent advancement in biogas enrichment and its applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73: 892-903.
- Kakar, D. R. 2016. Camels' Manure From Waste to a Worthwhile Farming Agent. <https://arkbiodiv.com/2016/02/02/camels-dungzfrom-waste-to-a-worthwhile-farming-agent/>. (Erişim tarihi: 02.02.2016)
- Karataş, A. 2006. Tavuk gübresinin Anaerobik parçalanması için uygun Koşulların belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khattree, R. and Rao, C. R. 2003. *Statistics in industry* (C. 22). Gulf Professional Publishing. <https://www.biblio.com/9780444506146>
- Khuri, A. I., and Mukhopadhyay, S. 2010. Response surface methodology. *WIREs Computational Statistics*, 2(2): 128-149. <https://doi.org/10.1002/wics.73>
- Öztürk, H. ve Kaya, D. 2012. Biyogaz Teknolojisi (Kocatepe). Umuttepe Yayınları.
- Pizzuti, L., Martins, C.A., and Lacava, P.T. 2016. Laminar burning velocity and flammability limits in biogas: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62: 856-865.
- Rawat, I. 2011. Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. *Applied Energy*, 88: 3411-3424.

- Rubio, J. A., Fdez-Güelfo, L. A., Romero-García, L. I., Wilkie, A. C. and García-Morales, J. L. 2022. Co-digestion of two-phase olive-mill waste and cattle manure: Influence of solids content on process performance. *Fuel*, 322: 124187. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124187>
- Sarabia, L. A. and Ortiz, M. C. 2009. 1.12 - Response Surface Methodology.
- Brown, S. D., Tauler, R. and Walczak, B. (Ed.), *Comprehensive Chemometrics* (pp. 345-390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00083-1>
- Topal Canbaz, G. ve Polat Bulut, A. 2021. İç Anadolu Bölgesinde Bulunan Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 8(4): 905-912. <https://doi.org/10.30910/turkjans.833381>
- TÜİK. 2021. Hayvansal Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Aralik-2021-45593>. (Erişim tarihi: 03.08.2022).
- Varol, A., and Ugurlu, A. (2017). Comparative evaluation of biogas production from dairy manure and co-digestion with maize silage by CSTR and new anaerobic hybrid reactor. *Engineering in Life Sciences*, 17(4): 402-412. <https://doi.org/10.1002/elsc.201500187>.
- Zacharias, A. 2019. How camel waste is fuelling the UAE's circular economy. *The National*. <https://www.thenationalnews.com/uae/environment/how-camel-waste-is-fuelling-the-uae-s-circular-economy-1.877698>. (Erişim tarihi: 28.05.2022).
- Zhang, B., Zhao, H., Yu, H., Chen, D., Li, X., Wang, W., and Cui, R. P. and Z. 2016. Evaluation of Biogas Production Performance and Archaeal Microbial Dynamics of Corn Straw during Anaerobic Co-Digestion with Cattle Manure Liquid. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 26(4): 739-747. <https://doi.org/10.4014/jmb.1509.09043>

## Örtüaltı Çilek Üretiminde Zararlı Böcek Türleri ve Popülasyon Değişimleri

Nurdan TOPAKCI\* 

Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çevre Koruma ve Kontrol Programı, Antalya

\*Sorumlu Yazar: [ntopakci@akdeniz.edu.tr](mailto:ntopakci@akdeniz.edu.tr)

Geliş Tarihi: 09.11.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 16.05.2023 Kabul Tarihi: 16.05.2023

### ÖZ

Türkiye, çilek üretiminde dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Antalya ili Türkiye çilek üretiminde üçüncü, örtüaltı çilek üretiminde ise ikinci sırada yer almaktadır. Örtüaltı çilek üretiminde sorun olan zararlı böcek türlerini belirlemek amacıyla ele alınan bu çalışma, Antalya’da 2019-2020 ve 2020-2021 üretim sezonunda yürütülmüştür. Çalışmada, örtüaltı topraksız üretim serasında haftalık olarak bitki örneklemeleri yapılmış ve zararlı takibinde yapışkan tuzaklardan yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda örtüaltı çilek üretiminde *Crysodeixis chalcites* (Esper, 1789), *Autographa gamma* (Linnaeus, 1758), *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera, Noctuidae), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach, 1843) (Hemiptera: Aphididae), *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) ve *Thrips tabaci* (Lindeman 1889) (Thysanoptera: Thripidae)’nin öne çıkan türler olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada *C. chalcites*, en fazla 0.08 larva/bitki, *A. gamma* ve *S. littoralis* ise birlikte 0.08 larva/bitki yoğunluğunda belirlenmiştir. *Aulacorthum solani* yapışkan tuzaklarda en fazla 12, yaprakta ise 3.98 birey olarak tespit edilmiştir. Thrips türleri tuzakta en fazla 199 birey olarak belirlenmiş, yapraklarda ve çiçeklerde ise önemli bir yoğunluk oluşturmadığı ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Çilek, örtüaltı, popülasyon, zararlı

### Pest Insect Species and Their Population Fluctuation in Greenhouse Strawberry Cultivation

#### ABSTRACT

Turkey is one of the world's leading countries in strawberry production. Antalya province ranks third in strawberry production and second in greenhouse strawberry production in Turkey. This study, which aims to determine the insect pests that are a problem in greenhouse strawberry cultivation, was carried out in Antalya in 2020 and 2021. In the study, weekly plant samples were made in the greenhouse soilless cultivation and sticky traps were used for pest monitoring. As a result of the study, it was determined that *Crysodeixis chalcites* (Esper, 1789), *Autographa gamma* (Linnaeus, 1758), *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera, Noctuidae), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach, 1843) (Hemiptera: Aphididae), *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) and *Thrips tabaci* (Lindeman 1889) (Thysanoptera: Thripidae) were the prominent species in greenhouse strawberry cultivation. *Chrysodeixis chalcites* were determined at a maximum density of 0.08 larvae/plant, *A. gamma* and *S. littoralis* together at a density of 0.08 larvae/plant. *Aulacorthum solani* was found to be maximum 12 individual in sticky traps and 3.98 in leaf. Thrips species were determined as 199 individual at most in the trap, and it was determined that they did not create a significant density on leaves and flowers.

**Key words:** Greenhouse, pest, population, strawberry

## GİRİŞ

Çilek (*Fragaria×ananassa* Duch.) (Rosaceae) üzümü meyve türleri içerisinde geniş ekolojik koşullarda yetiştiriciliği yapılan ve üretimi her geçen gün artış gösteren ürünler arasındadır (Demirsoy ve ark., 2017). Açıkta ve örtüaltında yapılabilen dünya çilek üretiminde Türkiye, üretim miktarı bakımından dördüncü sırada yer alırken, üretim alanı bakımından beşinci sırada yer almaktadır (FAO, 2018). Türkiye çilek üretiminde Mersin ili ilk sırada yer alırken (260 bin ton), Mersin’i Aydın (66 bin ton) ve Antalya (63 bin ton) illeri takip etmektedir (TÜİK, 2021). Örtüaltı çilek üretiminde ise Antalya, üretim miktarı (62 bin ton) ve üretim alanı (15 bin da) yönünden Mersin’den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye örtüaltı çilek üretiminin %24’ü Antalya’dan karşılanmaktadır. (TÜİK, 2021).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de çilek yetiştiriciliğini olumsuz şekilde etkileyen, verim ve kalite kayıplarına neden olan pek çok zararlı organizma bulunmaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmalarda çilek üretim alanlarında belirlenen akar türlerinin *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.), *Tetranychus urticae* (Koch.), *Tetranychus turkestani* (Ugarov and Nikolski), *Tetranychus solanacearum* Çobanoğlu & Ueckermann, *Bryobia rubrioculus* (Scheuten) ve *Eotetranychus* sp. olduğu ortaya konulmuştur (Çakmak, 2002; Güldalı, 2015, Topakcı ve ark., 2021). Çilek üretim alanlarında zararlı böcek türleri ile ilgili yapılan çalışmalarda ise *Isophya rectipennis* Brunner-Wattenwyl, *Otiorhynchus* spp., *Aphis gossypii* Glover, *Chaetosiphon fragaefolii* Cockerell, *Polydrusus* spp., *Philaneus spumarius* L., *Thrips tabaci* Lindeman, *Frankliniella intonsa* (Trybom), *Frankliniella occidentalis* (Pergande), *Spodoptera littoralis* (Boisduval), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808), *Acrionicta rumicis* (Linnaeus), *Duponchelia fovealis* Zeller ve *Drosophila suzukii* (Matsumura) türleri belirlenmiştir (Önçağ ve Cengiz, 1978; Madanlar ve Yoldaş, 1996; Erkiç ve ark., 1996; Kovancı ve ark., 2004; Altındişli ve ark., 2004; Yıldırım ve Başpınar, 2008; Atakan, 2008; Kaplan ve Yücel, 2014; Yıldırım ve Başpınar, 2013; Efil ve ark., 2014; Orhan ve ark., 2016).

Antalya’da örtüaltı çilek alanlarında bulunan zararlı böcek türleri konusunda bugüne kadar kısıtlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile örtüaltı çilek üretiminde öne çıkan zararlı böcek türleri ve bu türlerin popülasyon yoğunluklarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Çalışma alanı

Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait 150 m<sup>2</sup> yetiştirme alanına sahip topraksız serada 2019-2020 ve 2020-2021 üretim sezonunda “Festival” çilek çeşidi üzerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Topraksız üretimde kullanılan besin solüsyonunun iyonik bileşimi şu şekilde hazırlanmıştır: 11.5 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 1.5 mM H<sub>2</sub>P04<sup>-</sup>, 1.5 mM S04<sup>-2</sup>, 0.5 mM NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 3.5 mM K<sup>+</sup>, 4.5 mM Ca<sup>+2</sup> ve 1.5 mM Mg<sup>+2</sup>. Besin çözeltisinin EC ve pH değerleri sırasıyla 1.5 dS m<sup>-1</sup> ve 6.0’dır. Seradaki maksimum günlük sıcaklık aralığı 18.5-32.9°C, minimum günlük sıcaklık aralığı ise 7,2-26,6°C’dir.



Şekil. 1. Çilek üretim alanı

### Zararlı türlerin popülasyon yoğunluklarının belirlenmesi

Çalışma serasında her iki yıl süresince haftalık bitki kontrolleri yapılmış, serayı temsil edecek şekilde her hafta en az 50 adet yaprak örneği alınmış, yaklaşık olarak 10’ar adet çiçek incelenmiştir. Alınan örnekler önce

kağıt torbaya, arkasından polietilen torbaya konulmuş ve üzerlerine etiket bilgileri yazılarak buz kutusu içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Çalışmada uçarak hareket eden böcek türlerinin popülasyon yoğunluklarının izlenmesi amacıyla seranın ortasındaki sıraya yaklaşık bir metre aralıkla asılmış birer adet mavi ve sarı yapışkan tuzaklardan yararlanılmıştır. Tuzaklar bitki üzerinden 15 cm olacak şekilde asılmış ve her hafta yenileriyle değiştirilmiştir. Laboratuvara getirilen yaprak örnekleri ve yapışkan tuzaklar stereo mikroskop altında incelenmiş ve zararlı türler sayılarak kaydedilmiştir.

#### Zararlı türlerin tespiti

Zararlı lepidopter türlerin teşhisi için, incelenen yapraklarda bulunan larvaların, üzeri tül ile kapatılmış cam kaplarda ergin hale gelmesi sağlanmış, diğer böcek türlerinden alınan örnekler ise %70'lik alkole alınmış ve etiketlenmiştir. Örnekler teşhis için muhafaza edilmiş ve konu uzmanlarına gönderilmiştir. Böcek türlerinin takip edildiği çalışma serasında kırmızı örümceklere karşı ilk yılda 2 kez akarisit uygulaması yapılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Lepidopter türleri ve popülasyon yoğunlukları

Çilek serasında *Chrysodeixis chalcites* (Esper), *Autographa gamma* (L.) ve *Spodoptera littoralis* (Boisduval), olmak üzere 3 farklı lepidopter türe ait larvanın zarar yaptığı tespit edilmiştir. *Chrysodeixis chalcites* çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da üretim alanında bulunmuş, yapraklarda delikler açmak suretiyle zarar oluşturmuştur (Şekil 2). Benzer şekilde *A. gamma* ve *S. littoralis* yapraklarda delikler açarak zarara neden olmuş, bunun yanı sıra (Şekil 3a-b), *S. littoralis*'in bitki gövdesinin dip kısmına yerleşebildiği tespit edilmiştir (Şekil 3c).



Şekil 2. *Chrysodeixis chalcites* (larvası, ergini ve zarar şekli)

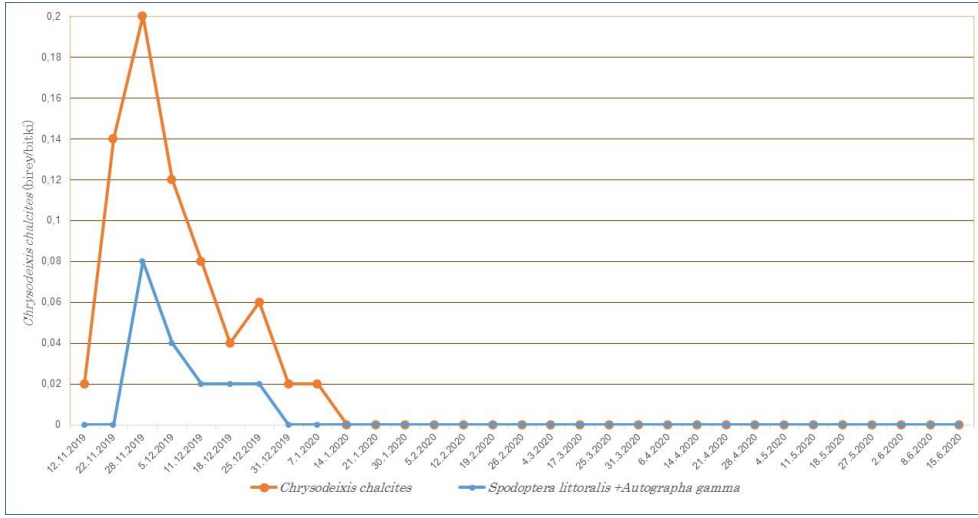


Şekil 3. *Autographa gamma* (larvası ve zararı şekli, a) *Spodoptera littoralis* (larvası ve zarar şekli, b-c)

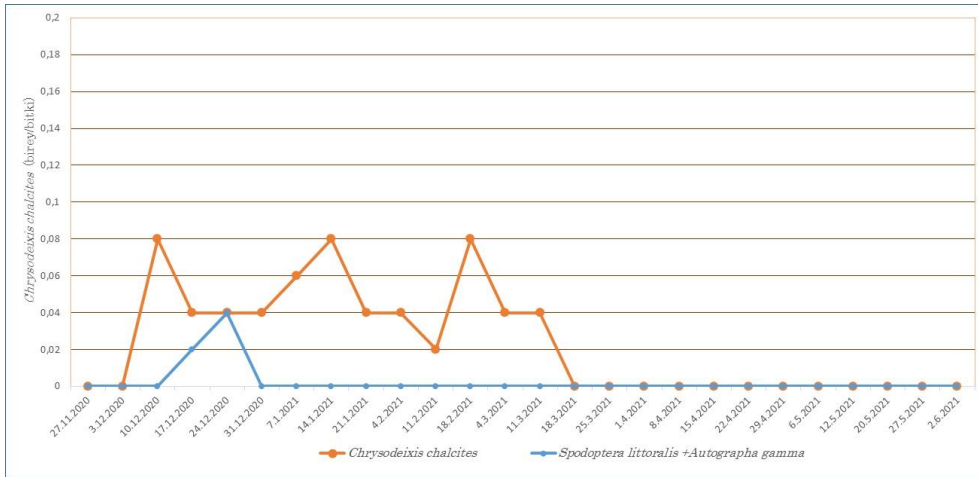
*Chrysodeixis chalcites*, çalışmanın yürütüldüğü ilk yılda kasım-ocak ayları arasında, en yoğun 28.11.2019 tarihinde bitki başına 0.2 larva olarak tespit edilmiştir (Şekil 4). İkinci yılda aralık ve mart ayları arasında görülen zararlının en yoğun olarak tespit edildiği 0.08 larva/bitki sayısına 10.12.2020, 14.01.2021 ve 18.02.2021 tarihlerinde ulaştığı görülmüştür (Şekil 5). Sayıca daha az olan lepidopter türler *A. gamma* ve *S. littoralis* çalışmada birlikte değerlendirilmiş, her iki türün yoğunluğu ilk yıl toplamda en yoğun olarak 0.08 larva/bitki (Şekil 4), ikinci yılda 0,04 larva/bitki olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Popülasyonların daha fazla yoğunluğa ulaşamamış olmasında,



yaprak örneklemeleri yapmak suretiyle aynı zamanda zararlılara yönelik mekanik mücadele yapılmış olmasının etkisinin olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4. *Chrysodeixis chalcites*, *Autographa gamma* ve *Spodoptera littoralis*'in popülasyon yoğunluğu (2019-2020 üretim sezonu)



Şekil 5. *Chrysodeixis chalcites*, *Autographa gamma* and *Spodoptera littoralis*'in popülasyon yoğunluğu (2020-2021 üretim sezonu)

*Chrysodeixis chalcites* örtüaltı ve açıkta yetiştirilen meyve, sebze, süs bitkisi ve yabancı bitkiler olmak üzere geniş konukçu dizisine sahip bir türdür (Cayrol, 1972; van Oers ve ark., 2004; Sannino ve ark., 2005; Napiorkowska-Kowalik ve Gawowska, 2006; Shepard ve ark., 2009; Del Pino ve ark., 2011; CABI, 2013; Murillo ve ark., 2013; Alami ve ark., 2014; Riccucci ve Lanza, 2014; Nouri-Ganbalani 2016; Simonovic ve ark., 2020). Türkiye'de *C. chalcites*'in ilk olarak Adana ve İçel'de domates ve biber seralarında tespit edildiği ancak önemli bir zarar oluşturmadığı rapor edilmiştir (Uygun ve Özgür, 1980). Zararlı, ışık ve yem tuzaklarından yararlanılarak tespit edilmiş (Ünlü ve Kornoşor, 2003; Okyar ve Tezcan, 2001; Tıraş ve Yaşar, 2017), kışlık ve yazlık sebzelerde belirlenmiştir (Kaya, 2008). Antalya'da, *C. chalcites*'in ilk kez belirlendiği hiyar bitkisinde ekonomik zarar eşliğinde aşabileceği ortaya konulmuştur (Topakçı ve ark., 2019). Enginar alanlarında ise bu zararlı, ekonomik önemi olan lepidopter türleri arasında gösterilmiştir (Kılıç ve ark., 2021). Türkiye'de çilek bitkisinde daha önce belirlenmemiş olan *C. chalcites*'in İspanya'da çilekte *H. armigera*, *S. littoralis*'ten sonra yoğunluk olarak en fazla bulunan lepidopter türü olduğu tespit edilmiştir (Alvarado, 2009).

Çok sayıda kültür ve süs bitkisinde kaydedilmiş olan *C. chalcites*'in,, beslenme durumuna bağlı olarak bitkilerde tamamen zarara neden olabileceği, birkaç yıl öncesine kadar çok fazla bilinmeyen ve küçük

popülasyonlar oluşturan türün son zamanlarda larvaların neden olduğu ciddi zararlar nedeniyle potansiyel bir tehdit olabileceğine dikkat çekilmiştir (Simonovic ve ark., 2020).

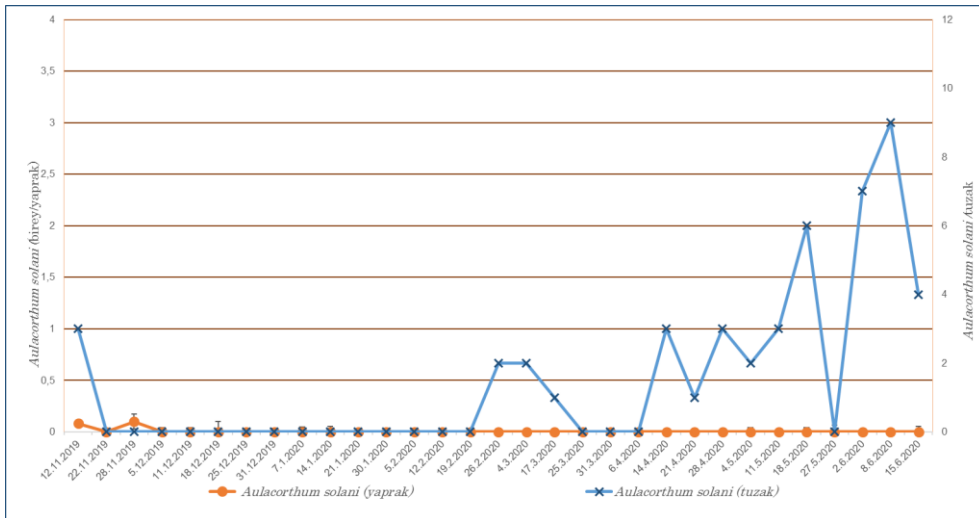
Aydın ilinde yürütülen bir çalışmada çilek bitkisinde bulunan lepidopter türlerin *S. littoralis*, *H. armigera* ve *Acrionicta rumicis* (Linnaeus) olduğu, bu zararlıların çilek yapraklarında delikler açtığı ve daha sonra da bitkinin göbeğine doğru ilerleyerek zarar meydana getirdiği ortaya konulmuştur (Yıldırım ve Başpınar, 2008). İtalya’da çilekte ana zararlı türlerin yanında noctuid türler *S. littoralis* ve *A. gamma* (Linnaeus)’nın da tespit edildiği belirtilmektedir (Vacante, 2005). Çetin ve Uğur (2009) *A. gamma*’nın çilekte zarar yaptığını ve seyrek görülen salgınlarıyla iyi bilindiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada *A. gamma*’nın çilek bitkisinde yüksek popülasyon yoğunluğuna ulaşmadığı ortaya konulmuştur.

#### ***Aulacorthum solani* ve popülasyon yoğunluğu**

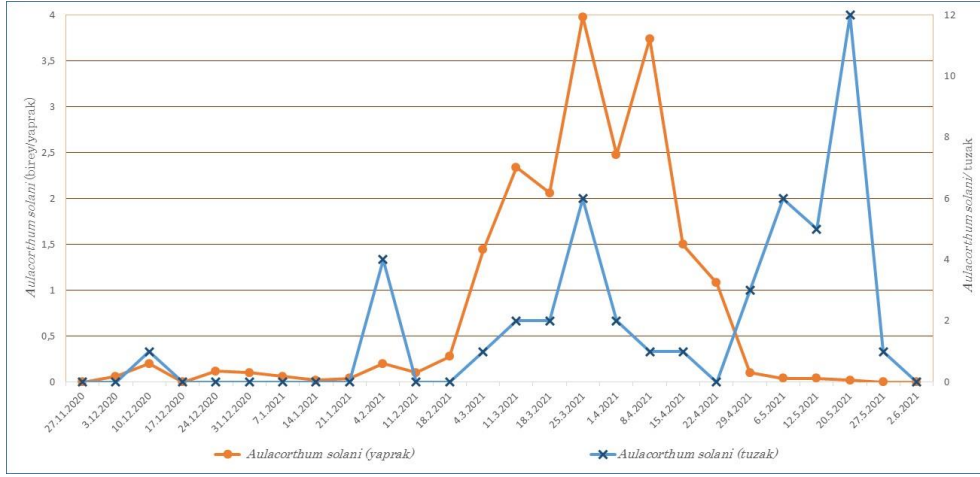
Türkiye’de 2007 yılında açık alan çilek yetiştiriciliğinde belirlenmiş olan *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), (yüksükotu yaprak biti ya da sera patates yaprak biti), örtüaltı çilek yetiştiriciliğinde bu çalışma ile ilk kez belirlenmiştir. Zararının ilk yıl yoğun görülmemekle birlikte, ikinci yılda fumajin oluşturacak yoğunluğa ulaşabildiği görülmüştür (Şekil 6). *Aulacorthum solani* yapışkan tuzaklarda ilk yıl en fazla 9 birey/tuzak, yaprakta ise 0.1 birey/yaprak olacak şekilde belirlenmiş (Şekil 7), ikinci yılda 3.98 birey/yaprak yoğunluğuna kadar ulaşabilen zararlı, yapışkan tuzaklarda en yoğun 12 birey/tuzak olarak tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 6. *Aulacorthum solani* ve fumajin zararı



Şekil 7. *Aulacorthum solani* popülasyon yoğunluğu (2019-2020 üretim sezonu)



Şekil 8. *Aulacorthum solani* popülasyon yoğunluğu (2020-2021 üretim sezonu)

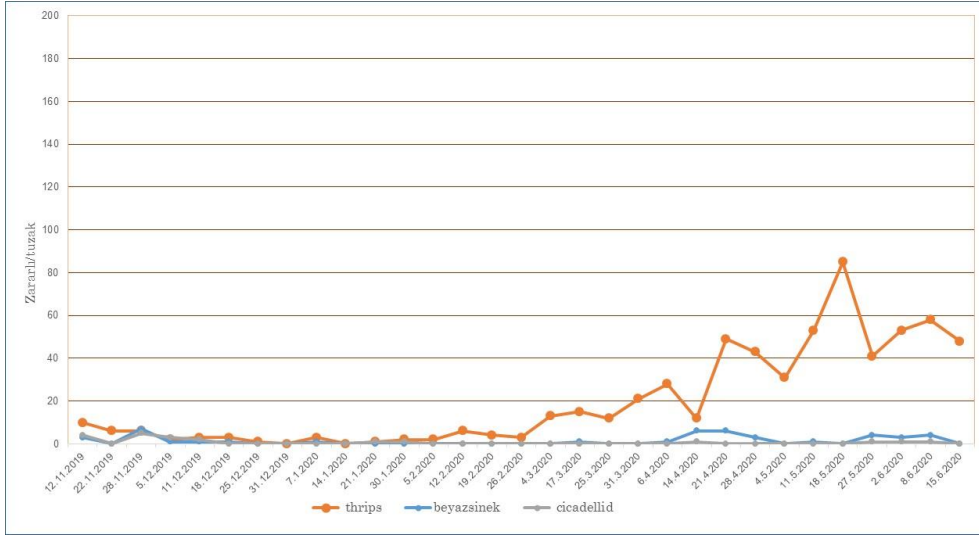
*Aulacorthum solani*'nin örtüaltı ürünlerinde "ara sıra zararlı" konumunda iken dünya genelinde seralarda ve çeşitli tarım ürünlerinde ekonomik önemi artan bir zararlı olduğu ifade edilmektedir (Jandricic ve ark., 2010; Jandricic ve ark., 2014). Zararının 25 familyadan 95 farklı bitki türünde bulunabildiği bildirilmektedir (Kim ve ark., 1991).

Türkiye'de *A. solani*'ye konukçuluk eden bitki türlerinin *Tulipa gesneriana* L. *Veronica anagalloides* Guss. (Tuatay, 1988), *Antirrhinum* sp., *Hydrangea hortensia* (Lam.) (Toros ve ark., 2002), *Lycopersicum esculentum* L. (Ölmez Bayhan ve ark., 2003), *Cydonia oblonga* Mill. (Görür, 2004), *Dianthus anatolicus* Boiss. (Eser ve ark., 2009), biber, patlıcan (Narmanlıoğlu ve ark., 2011), *Calendula* spp. *Ligustrum* sp. *Populus nigra* L. (Güleç, 2011), *Taraxacum scaturiginosum* G. Hagl. (Akyürek ve ark., 2012), *Lactuca* sp., (Sangün ve Satar, 2012), *Helianthus annuus* L. (Kök ve ark., 2016), *Yucca flamentosa* L., *Canna indica* L., *Dianthus barbatus* L., *Nerium oleander* L., *Tulipa* spp, *Begonia semperflorens* Link & Otto (Kuloğlu ve Özder, 2017), *Viburnum orientale* Pallas, *Rubus* sp (Öztürk ve Muştu, 2017), *Ajuga orientalis* L. (Kök ve Kasap, 2019), *Triticum aestivum* L., *Silybum marianum* L. (Bayram ve ark., 2018), *Cucumis melo* L. ve *Cucurbita pepo* L. (Alaserhat ve ark., 2021), *Ligustrum vulgare* L., *Prunus laurocerasus* L., *Viburnum opulus* L., *Robinia pseudoacacia* L. (Patlar ve ark., 2021), *Convolvulus arvensis* L. (Öner, 2021) olduğu rapor edilmiştir. Türkiye çilek alanlarında *A. solani*'nin kaydına yönelik yapılmış olan çalışmada ise (Kovancı ve ark., 2007) açık alanlarda çilek yetiştiriciliğinde zararlı üç yaprak biti türünden *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell)'nin baskın tür olduğu, *Aphis forbesi* Weed ve *A. solani*'nin genç yapraklar, gövde ve taç üzerinde ara sıra bulunduğu tespit edilmiştir. Örtüaltı şartlarında yapılan bu çalışmada *A. solani* tek yaprak biti türü olarak tespit edilmiş, popülasyon yoğunluğunun açık alan yetiştiriciliğine kıyasla daha fazla olduğu ortaya konulmuştur.

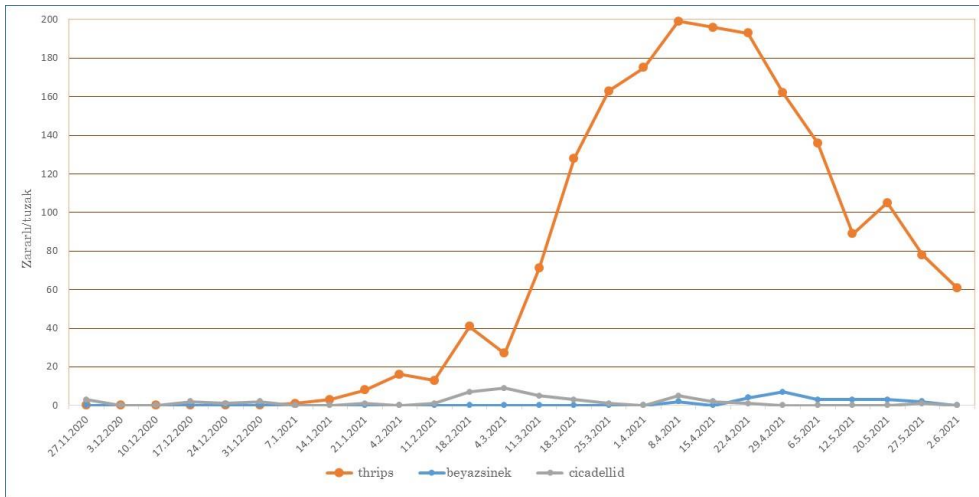
### Thrips türlerinin popülasyon yoğunluğu

Örnekleme yapılan çilek serasında *Thrips tabaci* Lind. ve *Frankliniella occidentalis* (Pergende) olmak üzere iki thrips türü tespit edilmiş, *F. occidentalis*'in öne çıkan thrips türü olduğu belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda çilek üretim alanlarında belirlenen thrips türlerinin *F. occidentalis*, *Frankliniella intonsa* Tryb. ve *T. tabaci* olduğu ve *F. occidentalis*'in yaygın tür olduğu rapor edilmiştir (Atakan, 2008; Yıldırım ve Başpınar, 2013). Bununla birlikte bu çalışmada takibi yapılan her iki tür birlikte değerlendirilmiş ve görsel tuzaklarda thrips yoğunluğu ilk yılda en fazla 85 birey/tuzak (Şekil 9), ikinci yılda en fazla 199 birey/tuzak olarak saptanmıştır (Şekil 10). Thrips türlerinin, her ne kadar tuzaklarda belirlenmiş olsa da yaprak ve çiçeklerde önemli bir yoğunluk oluşturmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Atakan et al. (2016), *F. occidentalis* popülasyonunun nadiren ekonomik zarar eşiğini aştığı çilekte, thripslere karşı herhangi bir kontrol önlemi uygulanmamasını önermişlerdir. Aynı çalışmada çilekte çiçek başına 15 bireyin zarar vermediğini ve ekonomik zarar eşiğinin yeniden hesaplanması gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

Çalışmada gözlemlenen diğer türler ise beyazsinek ve cicadellidler olup, sarı tuzaklardaki beyazsinek ve cicadellid yoğunluğunun gözardı edilebilecek sayıda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9-10).



Şekil 9. Yapışkan tuzaklarda thrips, beyazsinek ve cicadellid yoğunluğu (2019-2020 üretim sezonu)



Şekil 10. Yapışkan tuzaklarda thrips, beyazsinek ve cicadellid yoğunluğu (2020-2021 üretim sezonu)

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Antalya ilinde topraksız üretim yapılan çilek serasında zararlı böcek türleri belirlenmiş ve türlerin popülasyon yoğunlukları izlenmiştir. Çalışmada örtüaltı topraksız çilek üretiminde *C. chalcites*, *A. solani*, *S. littoralis*, *A. gamma*, *T. tabaci*, *F. occidentalis* türleri öne çıkan zararlı böcek türleri olmuştur. Topraksız çilek üretimi yapılan serada tespit edilen üç noctuid türünden *C. chalcites*'in diğer lepidopter türlerine göre sayıca daha fazla olduğu görülmüş ve zararlı, çilekte ilk kez tespit edilmiştir. Çalışmada tespit edilen tek yaprak biti türü olan *A. solani* ise örtüaltı çilek üretiminde ilk kez tespit edilmiştir. Thrips türleri olarak *F. occidentalis* ve *Thrips tabaci*'nin belirlendiği çalışmada, beyazsinek ve cicadellid türler ise gözardı edilebilecek sayıda bulunmuştur. Bu çalışma ile örtüaltında ilk kez belirlenen *C. chalcites* ve *A. solani*'nin çilek yetiştiriciliğinde ileriki yıllarda mücadele yapılması gereken türler içinde olabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmektedir.

**Teşekkür:** Zararlı türlerin teşhisi konusundaki katkılarından dolayı Prof. Dr. Zuhul OKYAR (Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü), Dr. Steven Passoa (Forest Service Northern Research Station and The Ohio State University, Museum of Biodiversity, Columbus, U.S.A), Prof. Dr. Ekrem ATAKAN (Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü) ve Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR (Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü)'e ve çalışmanın yürütülmesi sırasındaki desteklerinden dolayı Doç. Dr. Nafiye ADAK (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü)'a teşekkür ederim.

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

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

## KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Zeybekoğlu, Ü. ve Görür, G. 2012. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Yerleşkesi (Samsun)'nin Yaprakbiti (Hemiptera: Aphididae) Türleri ve Konukçu Bitkileri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 2(2): 91-108.
- Alami, S., Naseri, B., Golizadeh, A. ve Razmjou, J. 2014. Age-Stage, Two-Sex Life Table of the Tomato Looper, *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Bean Cultivars. *Arthropod-Plant Interactions*, 8(5): 475-484.
- Alaserhat, İ., Canbay, A. ve Özdemir, İ. 2021. Aphid Species, Their Natural Enemies in Vegetables from Erzincan, Turkey: First Record of the Parasitoid Wasp *Aphelinus mali* (Haldeman) parasitizing *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach). *The Journal of Agricultural Sciences*, 27(1): 16-25.
- Altındaşlı, F.Ö., Altınçağ, R. ve Dündar, A.A. 2004. İzmir İli Çilek Alanlarında Zararlı Maymuncuklar (Otiorynchus spp., Col.:Curculionidae) Üzerinde Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 44(1-4): 15-36.
- Alvarado Aldea, P. 2009. Contribution to the Knowledge of Lepidoptera that can Affect Strawberry Cultivation. Description, Behaviour and Relative Importance. *Agricola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura, Citricultura, Vid, Arroz*, 28(324): 28-36.
- Atakan, E. 2008. Adana ve Mersin İllerinde Çilekte Thrips (Thysanoptera) Türleri ve Zararı Üzerine Ön Araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 32(2): 91-101.
- Atakan, E., Pehlivan, S. ve Kiminsu, A. 2016. Pest Status of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), in Tunnel-Grown Strawberry. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 40(1): 61-71.
- Bayram, Y., Özdemir, İ., Ateş, E., Tomanoviç, Z., Bükün, B. ve Mutlu, Ç. 2018. Secondary Host Changing Between Aphids (Hemiptera: Aphididae) and Their Parasitoids in Wheat Fields of Southeast Anatolian Region. *Munis Entomology and Zoology Journal*, 13(1): 309-317.
- CABI. 2013. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International.
- Cayrol, R.A. 1972. Famille des Noctuidae. En: Balachowsky, A. S. (Ed.) Entomologie Appliquée a l'agriculture. Lépidoptères. Tome II. Volume 2. Masson et Cie. Paris: 1255-1520.
- Çakmak, İ. 2002. Aydın İli Örtü Altı Çilek Alanlarında Zararlı Akar Türleri ile Doğal Düşmanlarının Belirlenmesi, Populasyon Yoğunluklarının Saptanması ve Zararlı Akar Türleri ile Mücadele Olanakları. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 153 sy.
- Çetin, H. ve Uğur, A. 2009. *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın Üç Değişik Besinde Gelişimi Üzerinde Bir Çalışma. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 23(50): 63-67.
- Del Pino, M., Carnero, A., Cabello, T. ve Hernández, E. 2011. La lagarta o bichocamello, *Chrysodeixis chalcites* (Esper, 1789), Una plaga Emergente en Loscultivos de Platanera de Canarias. *Phytoma*, 225: 21–24.
- Demirsoy, L., Mısır, D. ve Adak, N. 2017. Topraksız Tarımda Çilek Yetiştiriciliği. *Anadolu Journal of the Aegean Agricultural Research Institute*, 27(1): 71-80.
- Efil, L., Özgür, O. ve Efil, F. 2014. A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on Strawberries in Turkey Damage, Distribution and Parazitoid. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(4): 328-334.
- Eser, S.İ., Görür, G., Tepecik, İ. ve Akyıldırım, H. 2009. Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) Species of the Urla District of İzmir Region. *JABS*, 3(1): 99-102.
- Erkiliç, L., Yumruktepe, R. ve Mart, C. 1996. İçel İli Çilek Alanlarında Bulunan Arthropod Türleri. Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 24-28 Eylül, Ankara, s. 440-447.
- FAO. 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Erişim: 06.06.2020.
- Görür, G. 2004. Aphid (Homoptera: Aphididae) Species on Pome Fruit Trees in Nigde Province of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 28(1): 21-26.
- Güldalı, B. 2015. Mersin İlinde Yetiştirilen Çileklerde Zararlı ve Yararlı Akar (Acari) Türleri, Dağılımları ile Önemli Türün Popülasyon Yoğunluğu ve Savaşım Olanakları Üzerinde Çalışmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 205 s.
- Güleç, G. 2011. Antalya Şehri Park Alanlarında Aphidoidea (Hemiptera) Türlerinin Saptanması ve Doğal Düşmanlarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 325 s.

- Jandricic, S.E., Mattson, N.S., Wraight, S.P. ve Sanderson, J.P. 2014. Within-Plant Distribution of *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae), on Various Greenhouse Plants With Implications for Control. *Journal of Economic Entomology*, 107(2): 697-707.
- Jandricic, S.E., Wraight, S.P., Bennett, K.C. ve Sanderson, J.P. 2010. Developmental Times and Life Table Statistics of *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae) at Six Constant Temperatures, With Recommendations on the Application of Temperature-Dependent Development Models. *Environmental Entomology*, 39(5): 1631-1642.
- Kaplan, M. ve Yücel, A. 2014. Elazığ İli Çilek Alanlarında Belirlenen Zararlı Böcek ve Akar Türleri. *Meyve Bilimi*, 1(2): 7-14.
- Kaya, K. 2008. Hatay İlinde Önemli Yazlık ve Kışık Sebze Alanlarında Bulunan Zararlı Lepidopter Türleri, Populasyon Yoğunlukları ve Parazitotleri Üzerinde Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 86 s.
- Kılıç, T., Hacıoğlu, Y., Özdemir, M. ve Özdemir, I. 2021. Ege Bölgesinde Enginar (*Cynara scolymus* Linnaeus) (Asteraceae) Yetiştiriciliğinde Belirlenen Önemli Zararlılar. 8. Uluslararası Katılımlı Bitki Koruma Kongresi, 24-28 Ağustos, Bolu, s. 201.
- Kim, D.H., Lee, G.H., Park, J.W. ve Hwang, C.Y. 1991. Occurrence Aspects and Ecological Characteristics of Foxglove aphid *Aulacorthum solani* Kaltenschmidt Homoptera Aphididae in Soybean. *Res Rept RDA*, 33: 28-32.
- Kornoşor, S. 1987. Güney ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Noctuidae ve Plusiinae (Lep; Noctuidae) türlerinin yayılışları ve sistematigi üzerinde araştırmalar. Türkiye I. Entomoloji Kongresi, 13-16 Ekim, İzmir, s. 649-659.
- Kovanci, O.B., Kovanci, B. ve Gencer, N.S. 2007. Species Composition, Seasonal Dynamics and Numerical Responses of Arthropod Predators in Organic Strawberry Fields. *Biocontrol Science and Technology*, 17(5): 457-472.
- Kovanci, B., Kovanci, O.B., Gençer, N.S. ve Akgül, H.C. 2004. Bursa İli Çilek Alanlarında Bulunan Bazı Çekirge (Orthoptera) Türlerinin Populasyon Dalgalanmaları. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(2): 141-147.
- Kök, Ş. ve Kasap, İ. 2019. Aphid (Hemiptera: Aphididae) species of the South Marmara Region of Turkey including the first record of *Dysaphis radicola* meridialis Shaposhnikov, 1964 for the aphid fauna of Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 43(1): 63-78.
- Kök, Ş., Kasap, İ. ve Özdemir, I. 2016. Aphid (Hemiptera: Aphididae) Species Determined in Çanakkale Province with a New Record for the Aphid Fauna of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 40(4): 397-412.
- Kuloğlu, I. ve Özder, N. 2017. Aphids (Hemiptera: Aphididae) on Ornamental Plants from Yalova Province, Turkey. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2): 69-72.
- Madanlar, N. ve Yoldaş, Z. 1996. Investigations on the Phylloplane Fauna of Insect and Their Population Densities on Field - Grown Strawberries in Menemen (İzmir) District. Third Turkish National Congress of Entomology, 24-28 September, Ankara, s. 52-59.
- Murillo, H., Hunt, D.W.A. ve Van Laerhoven, S.L. 2013. First records of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae) forest-central Canada. *Canadian Entomologist*, 145(3): 338-342.
- Napiorkowska-Kowalik, J. ve Gawowska, J. 2006. *Chrysodeixis chalcites* (Esper 1789) (Lepidoptera, Noctuidae, Plusiinae) A New Pest on Tomatoes in Greenhouses in Poland. *Progress in Plant Protection*, 46(1): 295-299.
- Narmanlıoğlu, H.K., Güçlü, Ş. ve Özdemir, I. 2011. Erzurum İli Sebze Alanlarında Görülen Yaprakbiti Türleri. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi, 28-30 Haziran, Kahramanmaraş, s. 171.
- Nouri-Ganbalani, G., Mardani-Talaei, M. ve Haji-Ramezani, M.R. 2016. Age-stage, Two-Sex Life History of the Golden Twin Spot Moth, *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera:Noctuidae), on Six Commercial Tomato Cultivars Under Laboratory Conditions. *Canadian Entomologist*, 148: 92-101.
- Okyar, Z. ve Tezcan, S. 2001. On the Noctuid Fauna (Lepidoptera: Noctuidae) of Ecological Cherry Orchards in Western Turkey. *Zoology in the Middle East*, 22(1): 95-102.
- Orhan, A., Aslantaş, R., Önder, B.Ş. ve Tozlu, G. 2016. First Record of the Invasive Vinegar Fly *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) From Eastern Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40:290-293.
- Ölmez Bayhan, S., Ulusoy, M.R. ve Toros, S. 2003. Determination of Aphididae (Homoptera) Fauna of Diyarbakir Province of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27(4): 253-268.
- Önçağ, G. ve Cengiz, F. 1978. Ege Bölgesi Çilek Alanlarında Böcek Faunası (Zararlı ve Yararlı)'nın Tespiti Üzerinde Çalışmalar. Zir Müc Araştırma Yıllığı, 61.
- Öztürk, Ö.D. ve Muştı, M. 2017. Kayseri'nin Merkez İlçelerinde Süs Bitkilerinde Bulunan Yaprakbiti (Hemiptera: Aphididae) Türleri. *Turkish Bulletin of Entomology*, 7(4): 277-292.

- Öner, D. 2021. Aydın İl Merkezindeki Park ve Yeşil Alanlardaki Yaprak Bitleri Üzerinde Beslenen Akarların Belirlenmesi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 45 s.
- Patlar, G., Oğuzoğlu, Ş., Avcı, M. ve 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(3): 371-387.
- Riccucci, M. ve Lanza, B. 2014. Bats and insect pest control: A review. *Vespertilio*, 17: 161–169.
- Sangün, O. ve Satar, S. 2012. Aphids (Hemiptera: Aphididae) on Lettuce in the Eastern Mediterranean Region of Turkey: Incidence, Population Fluctuations, and Flight Activities. *Turkish Journal of Entomology*, 36(4): 443-454.
- Sannino, L., Espinosa, B., Vicidomini, S., Rotellini, F. ve Caricato, G. 2005. *Chrysodeixis chalcites* (Esper) Harmful to greenhouse Ornamental Plants. *Informatore Fitopatologico*, 55(9): 34-37.
- Shepard, B.M., Hammig, M.D., Carner, G.L., Ooi, P.A.G. ve Smith, J.P. 2009. Implementing Integrated Pest Management in Developing and Developed Countries, in *Integrated Pest Management: Dissemination and Impact*, ed. By Peshin R and Dhawan AK. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 275–305.
- Simonović, M., Smiljanić, D. ve Graora, D. 2020. Golden Twin-Spot Moth: *Chrysodeixis chalcites* (Esper, 1789) (Lepidoptera: Noctuidae): Pest of cultivated and Ornamental Plants. *Plant Doctor*, 48(1): 15-24.
- Tıraş, Z. ve Yaşar, B. 2017. Antalya İlinde Kesme Çiçek Seralarında Bulunan Zararlı Böcek ve Akar Türleri. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1): 1-8.
- Toros, S., Uygun, N., Ulusoy, R., Satar, S. ve Ozdemir, I. 2002. Dogu Akdeniz Bolgesi Aphidoidea Türleri. Tarım ve Koyisleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Yayınları, 108 s.
- Topakçı, N., Yükselbaba, U. ve Göçmen, H. 2019. Antalya İli Yayla Koşullarında Örtü Altında Yetiştirilen Hıyarlarda Yeni Bir Zararlı: *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae)'in Tanınması ve Zararı. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3): 1-7.
- Topakçı, N., Ozman-Sullivan, S., Ueckermann, E.A., Yükselbaba, U. ve Adak, N. 2021. New Host For the Red Spider Mite *Tetranychus solanacearum* Çobanoğlu & Ueckermann (Acari: Tetranychidae): Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) (Rosaceae), 8th Plant Protection Congress with International Participation, 24-28 August, Bolu, p. 208.
- Tuatay, N. 1988. Aphids (Homoptera: Aphididae) of Turkey I. Aphidinae: Macrosiphini (Part I). *Plant Protection Bulletin*, 28(1-2): 1-28.
- Türkiye İstatistik Kurumu. 2021. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim tarihi: 22 Mart 2022.
- Uygun, N. ve Özgür, F. 1980. İçel ve Adana İlleri Sera Sebze Zararlılarının Saptanması, Endosülfan Rook Tablet ve Pirimicarb'ın *Myzus persicae* (Sulz)'ye Etkileri. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 4(3): 185-192.
- Ünlü, L. ve Kornoşor, S. 2003. Şanlıurfa İlinde Saptanan Noctuidae (Lepidoptera) Familyası Türleri ve Morfolojik Özellikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3-4): 19-28.
- Vacante, V. 2005. The pests of strawberry in Italy [*Fragaria x ananassa* Duch.]. *Informatore Fitopatologico* (Italy) 55(5): 12-16.
- van Oers, M.M., Hernioub, E.A., Usmanya, M., Messelinkc, G.J. ve Vlak, J.M. 2004. Identification and characterization of a DNA photolyase-containing baculovirus from *Chrysodeixis chalcites*. *Virology*, 330: 460-470.
- Yıldırım, E.M. ve Başpınar, H. 2008. Aydın ili Çiçek Alanlarında Saptanan Noctuidae (Lepidoptera) Familyası Türleri, Yayılışı, Zararı ve Popülasyon Dalgalanmaları Üzerinde Çalışmalar. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 115-121.
- Yıldırım, E.M. ve Başpınar, H. 2013. Aydın İli Çiçek Alanlarında *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera Thripidae)'nin Popülasyon Dalgalanmaları. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3(4): 135-138.

## Diyarbakır İli Tavukçuluk İşletmelerinde Oluşan Kümes Atıklarının Değerlendirmesi

Betül KOLAY\* 

GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Diyarbakır

\*Sorumlu Yazar: [betul.kolay@tarimorman.gov.tr](mailto:betul.kolay@tarimorman.gov.tr)

Geliş Tarihi: 24.03.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 08.05.2023 Kabul Tarihi: 22.05.2023

### ÖZ

Bu çalışma, Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmelerinde üretim aşamasında oluşan kümes atıklarının (tavuk dışkısı + altlık malzemesi) değerlendirilme durumunun incelenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, 2021 yılında Diyarbakır ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmelerinde gayeli örnekleme yöntemi kullanılarak bir anket çalışması yapılmıştır. İncelenen 9 adet tavukçuluk işletmesinin 6'sı etlik piliç yetiştiriciliği, 3'ü ise yumurta üretim işletmesi olarak faaliyetini sürdürmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, tavukçuluk işletmelerinde kümes atıklarının bekletilerek veya bekletilmeden tarlaya atıldığı, bazı tavukçuluk işletmeleri tarafından ise enerji üretimi yapan firmalara verildiği belirlenmiştir. Kümes atıklarını bekleterek tarlaya atan işletmelerin bu atıkları açıkta beklettiği tespit edilmiştir. Ankete katılan işletmelerin büyük bir kısmı atıklardan herhangi bir gelir elde etmediklerini veya elde edilen gelirin maliyeti ancak karşıladığını bildirmişlerdir. Kümes atıklarının işletme sahipleri açısından sorun teşkil etmediğini belirlenmiştir. Kümes atıklarından tavuk gübresi elde edilmesi konusunda ise, işletmelerin farklı görüşlere sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Diyarbakır tavukçuluk işletmeleri, altlık, altlığın değerlendirilmesi

### Utilization of Poultry Litter from Poultry Farms in Diyarbakır Province

#### ABSTRACT

This study was carried out to examine the evaluation status of poultry litter (chicken feces + litter material) formed during the production phase in poultry farms operating in Diyarbakır. For this purpose, a survey study was conducted using the purposeful sampling method in poultry farms operating in Diyarbakır province and its districts in 2021. Of the 9 poultry farms examined, 6 continue their activities as broiler poultry farms and 3 as egg production farms. According to the results obtained, it has been determined that poultry litter is applied into the field with or without waiting in poultry farms, and it is given to energy producing companies by some poultry farms. It has been determined that the farms that apply poultry litter to the field by keeping them waiting keep these litter in the open area. Most of the farms participating in the survey reported that they did not generate any income from the poultry litter or that the income obtained barely covered the cost. It has been determined that poultry litter does not pose a problem for farms owners. On the issue of obtaining chicken manure from poultry litter, it has been seen that farms have different opinions.

**Key words:** Diyarbakır poultry farms, litter, litter utilization

### GİRİŞ

İnsan beslenmesi açısından oldukça önemli olan ve üretimi gittikçe artan tavuk eti ve yumurta üretimine paralel olarak tavukçuluk işletmelerinin de içinde yer aldığı kanatlı hayvan üretim işletmelerinin de sayısı artmaktadır. Artan bu sayı ile beraber kanatlı hayvan işletmelerinden çıkan kümes atıkları da önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Uygun şekilde depolanmayan ve değerlendirilmeyen atıklar çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Bu atıklar içerisinde meydana gelen mikrobiyal aktivite çevreye kötü koku yayabilmekte, içerdiği azotun ayrışması ve yeraltı sularına karışması ile yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir.



Etlik piliç yetiştiriciliğinde kullanılan altlık malzemesinin yalıtım ve su emici özelliği yüksek, kuru ve temiz, parçalarının sivri ve sert olmaması, ucuz ve kolay temin edilmesi gibi özelliklere sahip olmasına dikkat edilmelidir (Atasoy, 2000). Gençoğlu ve Gençoğlu (2017), altlık materyali olarak genelde saman, kaba odun yongası ve hızar talaşının yaygın olarak kullanıldığını bildirmiştir. Benzer şekilde Şekeroğlu ve ark. (2013), altlık materyali olarak genelde kaba odun talaşı, saman ve hızar talaşının yaygın olarak kullanılmakla birlikte bölgesel materyallerde kullanıldığını belirtmiştir. İnci ve ark. (2019), Bingöl ilinde yapmış oldukları çalışmalarında işletmelerinin % 50'sinde çeltik kavuzu saman ve talaşın birlikte kullanıldığı, % 25'inde sadece çeltik kavuzunun kullanıldığı, %12.5'inde ise çeltik kavuzu ile talaşın birlikte kullanıldığı ve % 12.5'inde ise sadece samanın kullanıldığını tespit etmişlerdir. Yumurta üretim işletmelerinde ise tavuklar kafes sisteminde tutulmakta ve altlık olarak herhangi bir malzeme kullanılmamaktadır (Özdemir ve Sezer, 2013). Etlik piliç yetiştiriciliğinde yaklaşık 45 gün süren her yetiştirme periyodu sonunda altlıklar kümeden uzaklaştırılmakta ve kümes temizlenerek yeni üretim periyoduna hazırlanmaktadır. Yumurta tavukçuluğunda ise atıklar sürekli alınmaktadır (Yenilmez, 2015). Kılıç ve Karaman (2014), Eurovent kafes modeli kullanılan ve yumurta üretimi yapılan bir kümede tavukların kafes içinde ürettikleri gübrenin her iki kafes arasında bulunan gübre bantlarına düşerek burada biriktiğini bildirmiştir. Ayrıca biriken gübrenin kümes sonundaki gübre konveyörüne iletilindiğini ve gübre konveyörünün kümes dışında bulunan araca doğrudan yükleme yaparak gübreyi dış ortama taşıdığını belirtmiştir.

Eleroğlu ve ark. (2013), kanatlı hayvanların günlük dışkı miktarının canlı ağırlığının % 3–4'ü kadar olduğunu bildirmiştir. Tavukçuluk işletmelerinde bulunan tavuk sayısı dikkate alındığında bunun oldukça büyük bir rakam olduğu anlaşılmaktadır. Etlik piliç işletmelerinde dışkının yanı sıra kullanılan altlık malzemesi de dışkı ile beraber atık olarak işletmeden uzaklaştırıldığından dolayı atık miktarı daha da artmaktadır. İnci ve ark. (2019), Bingöl ilinde bulunan ve etlik piliç yetiştirilen kümeslerde bir dönemde işletmelerin % 50' sinde 6 ton altlık materyali, % 37.5' inde 6.5 ton ve % 12.5' inde ise 7 ton altlık materyali kullanıldığını belirlemiştir. Kümeslerden çıkan atığın uygun olmayan koşullarda bekletilmesi önemli çevresel sorunlara neden olabilir. Bu atıklardan çıkan gazlar ve kötü koku atıkların bulunduğu yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar için önemli bir problemdir. Ayrıca yağmur ile kümes atıklarından toprağa sızma olması durumunda yeraltı sularının kirlenmesi olasılığı da bulunmaktadır.

Kanatlı hayvan işletmelerinden elde edilen atıklar tarımsal açıdan değerli besin öğeleri içermektedir. Özdemir ve Sezer (2013) tavuk gübresinin % 86.79 oranında organik madde, % 3.30 toplam azot ve % 8.40 oranında kül içerdiğini bildirmişlerdir. Tavukçuluk işletmelerinde atık kontrolü, uygun şekilde değerlendirildiğinde ve depolandığında tarımsal açıdan faydalı bir materyal elde edilmesi ve ekonomiye kazandırılması yanı sıra uygun olmayan koşullarda önemli çevresel sorunlara neden olabilmesi nedeniyle oldukça önemli bir konudur.

Diyarbakır ilinde, 25 adet kanatlı işletmenin bulunduğu 2021 yılı verilerinde görülmektedir ve bu sayının giderek artacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmeleri arasından gayeli örnekleme yöntemine göre seçilenlerin, işletme sahipleri ile anket yapılarak kümes atıklarının nasıl değerlendirildiği ve bu konu ile ilgili sorunların saptanması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, 2021 yılında Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmelerinde yürütülmüştür. Çalışmada ilk önce Tarım ve Orman Bakanlığı Diyarbakır İl Müdürlüğü'nden Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren ticari tavuk kanatlı hayvan işletmelerine ait bilgiler resmi olarak talep edilmiştir. Gelen resmi yazıda toplam 25 adet tavukçuluk işletmesinin faaliyette olduğu görülmüştür. Bu işletmelerin kapasitelerinin 450 ile 146370 arasında olduğu bildirilmiştir. Bu işletmelerin ilçelere göre dağılımı ve kapasiteleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: 2021 yılında Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmelerinin ilçelere göre dağılımı

İlçe Adı	Tavuk İşletme Sayısı
Bismil	2
Ergani	1
Sur	2
Yenişehir	5
Çermik	3
Hani	4
Kulp	1
Lice	4
Eğil	2
Silvan	1

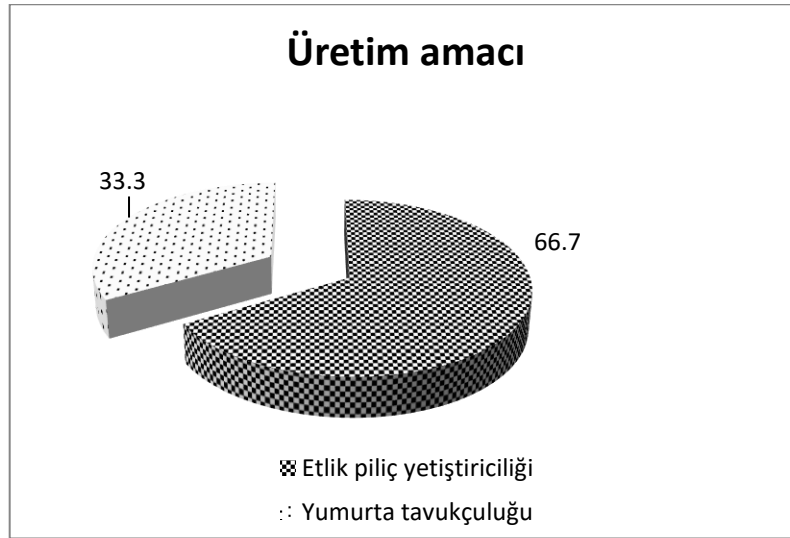
Belirlenen 25 adet tavukçuluk işletmesinin genel özelliklerini ve kümes atıklarını nasıl değerlendirdiklerini belirlemek amacıyla anketler hazırlanmıştır. Kapasitesi büyük olan tavuk işletmelerinde kümes atıklarının daha büyük sorun oluşturabileceği düşünüldüğünden dolayı gayeli örnekleme yöntemi tercih edilmiş ve büyük kapasiteli işletmelerle anket çalışması gerçekleştirilmiştir. 25 adet işletme içerisinde 9 adet işletme seçilmiş, seçilen tavukçuluk işletmelerine gidilerek işletme sahipleri ile anket yapılmıştır. Anket çalışmaları kapsamında, öncelikle işletme sahiplerinden üretim amacı, kapasitesi, tavuk varlığı, üretim şekli, işletmenin alanı ve çalışan personel sayısı hakkında bilgi alınmış, daha sonra kümes atıkları ile ilgili anket soruları yöneltilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Yürütülen bu çalışma sonucunda, Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmeleri ile ilgili aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

### Üretim amacı

Anket çalışması yürütülen işletmelerde, işletme sahiplerine hangi amaçla üretim yaptıkları (etlik piliç yetiştiriciliği, yumurta tavukçuluğu ya da her ikisi) sorusu yöneltilmiştir. Ankete katılan işletmelerin % 66.7' sinin etlik piliç yetiştiriciliği, % 33.3' ünün yumurta tavukçuluğu yaptığı tespit edilmiştir. İşletmelerin üretim amacı Şekil 1'de gösterilmiştir.



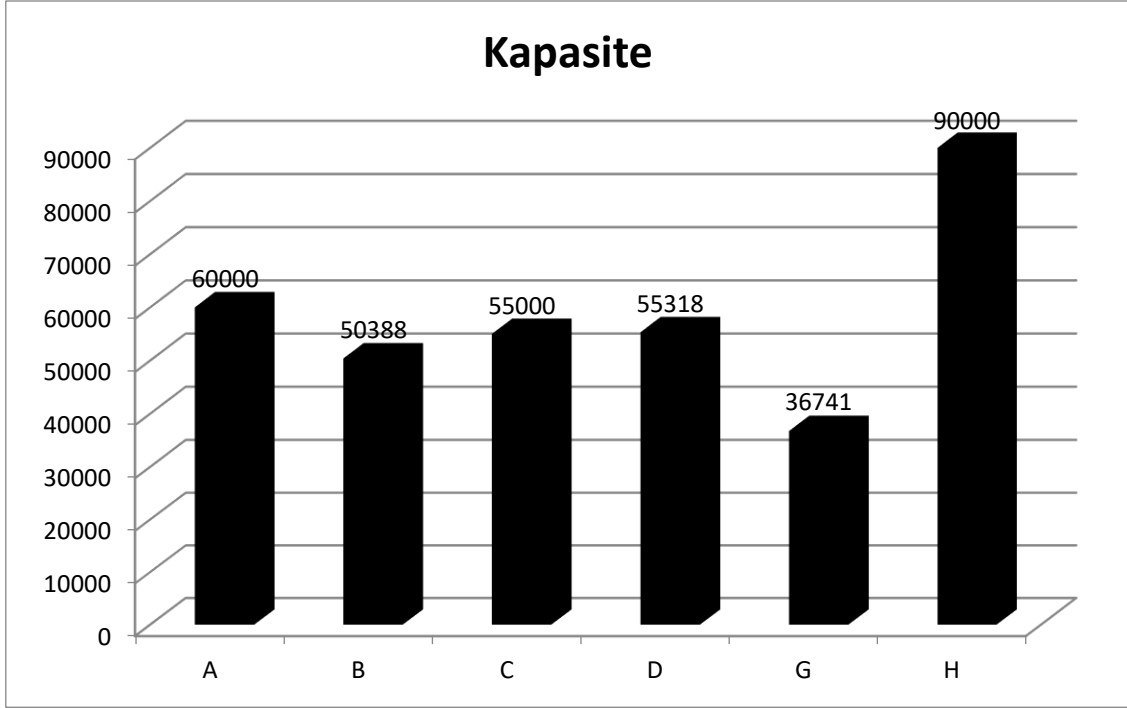
Şekil 1: Ankete katılan işletmelerin üretim amaçları

Anket çalışmasında yer alan işletmelerin % 66.7 oranı ile daha çok etlik piliç yetiştiriciliği yapan işletmeler olduğu görülmektedir.

2022 yılı TÜİK verilerine göre, Türkiye'de toplam kanatlı hayvan sayısının % 68.55' ini et tavuğu, % 29.95' ini yumurta tavuğu oluşturmaktadır (Anonim, 2022). Bu oranın Diyarbakır ilinde anket yapılan işletmelerle benzer oranda olduğu görülmektedir. Özdemir ve Sezer (2013), yumurta üretim işletmelerinde tavukların kafes sisteminde tutulduğunu ve altlık olarak herhangi bir malzemenin kullanılmadığını, bu nedenle yumurta üretim işletmelerinden çıkan dışkının saf olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında, etlik piliç yetiştiriciliği yapan kanatlı işletmelerinde ise öncelikle saman, talaş, çeltik kavuzu gibi maddelerden oluşan altlık serildiğini, bu nedenle bu işletmelerden çıkan dışkının karışık olduğunu belirtmişlerdir. Bu hususun atık değerlendirmede ve atık kalitesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

### Üretim kapasitesi

Ankete katılan işletmelerin üretim kapasitesi et ve yumurta tavukçuluğu yapan işletmeler için ayrı ayrı belirlenmiştir. Burada belirtilen kapasite et üretimi yapan işletmeler için ortalama 45 günde kesime gelen tavuk sayısını ifade etmektedir. Etlik piliç üretimi yapan işletmelerin bir devirdeki piliç sayısı kapasitesi 36741 ile 90000 arasında değişmiştir. Yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin ise günlük 500 ile 82000 adet arasında kapasiteye sahip olduğu görülmüştür. Etlik piliç yetiştiriciliği yapan işletmelerin kapasiteleri Şekil 2'de görülmektedir.



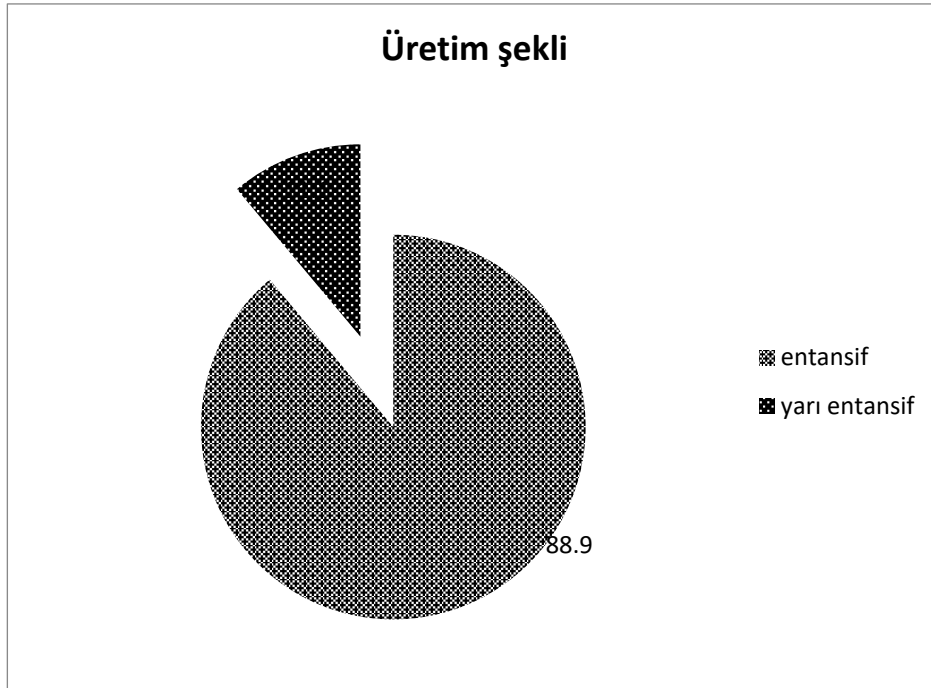
Şekil 2: Ankete katılan ve etlik piliç yetiştiriciliği yapan işletmelerin kapasiteleri

#### İşletmenin tavuk varlığı sayısı

Anket yapılan işletmelerdeki tavuk sayısının 750 adet ile 110000 adet arasında olduğu işletme sahipleri tarafından verilen bilgiler ile belirlenmiştir.

#### Üretim şekli

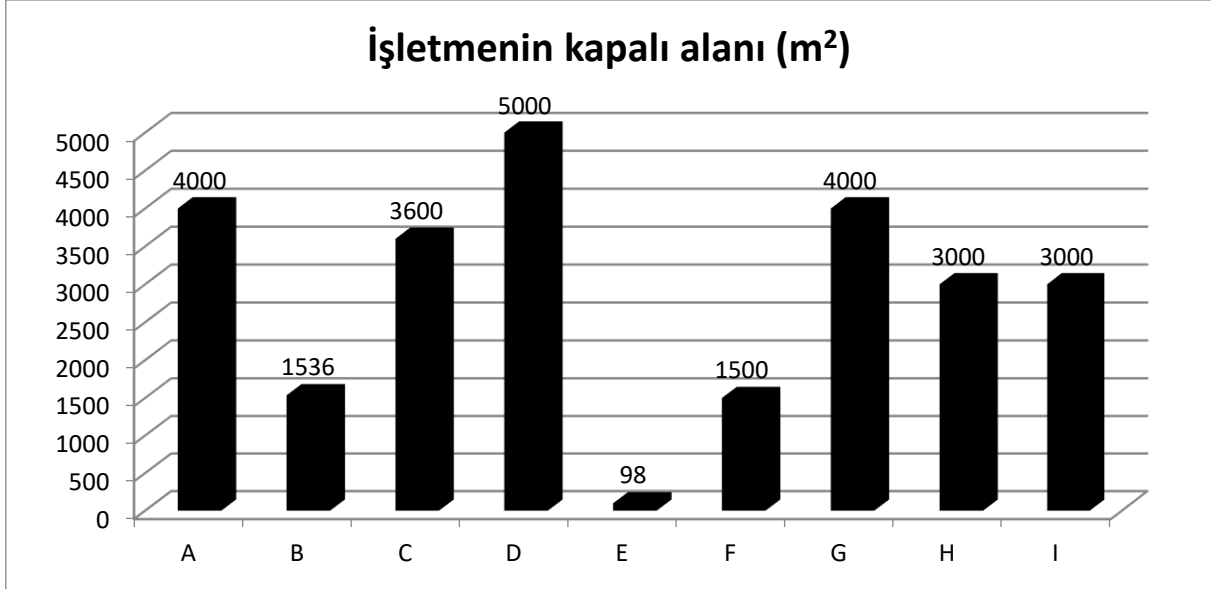
Anket yapılan işletmelerin % 88.9' u entansif, % 11.1'i ise yarı entansif üretim yaptığını bildirmiştir. İşletmelerin üretim şekli Şekil 3' de grafik olarak gösterilmiştir.



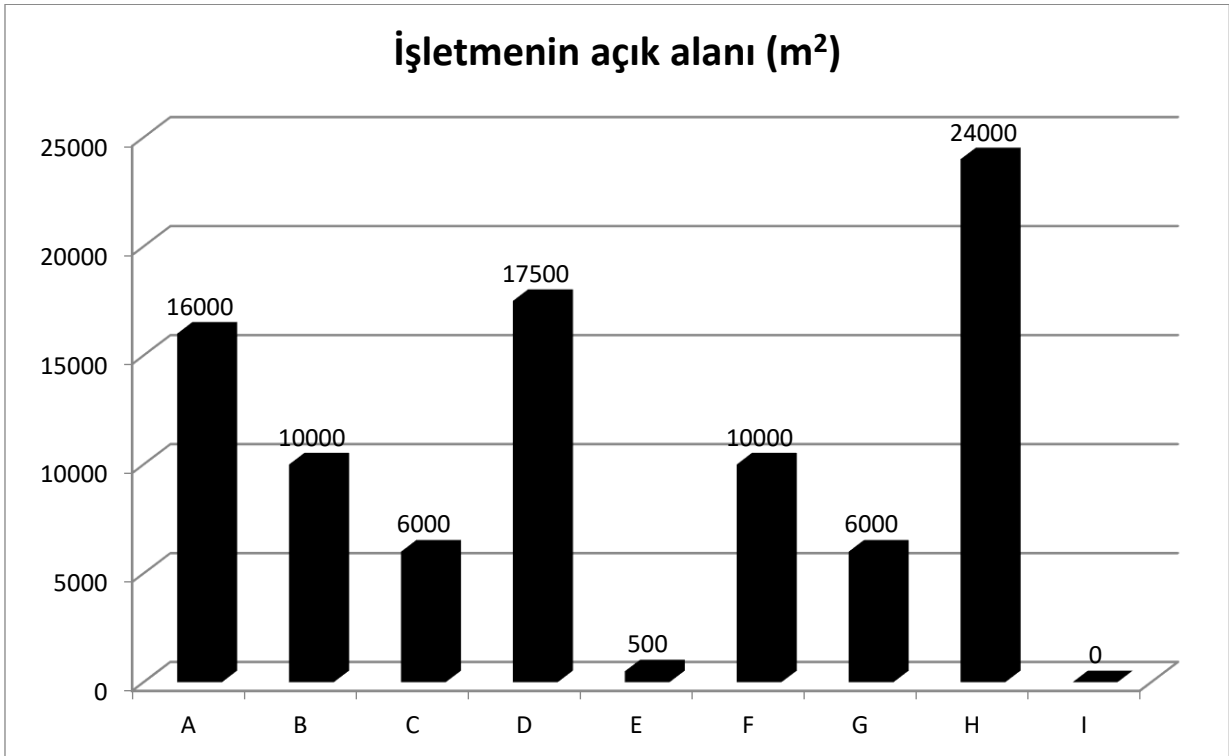
Şekil 3: Anket yapılan işletmelerin üretim şekli

**İşletme alanının büyüklüğü**

İşletme alanının büyüklüğü değerlendirilirken kapalı alan (Şekil 4) ve açık alan (Şekil 5) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Anket yapılan tavuk işletmelerinin kapalı alan büyüklüğü 98 ile 5000 m<sup>2</sup> arasında değişirken, işletmelerin sahip olduğu açık alanların büyüklüğü 0 ile 24000 m<sup>2</sup> arasında değişmiştir. İşletmelerde açık ve kapalı alanın ayrı ayrı değerlendirilmesinin nedeni, kümes atıklarını açıkta bekleten işletmelerin bu atıkları beklebilecekleri kendi açık alanlarının olup olmadığının bilinmesidir.



Şekil 4: Anket yapılan işletmelerin kapalı alan büyüklüğü (m<sup>2</sup>)

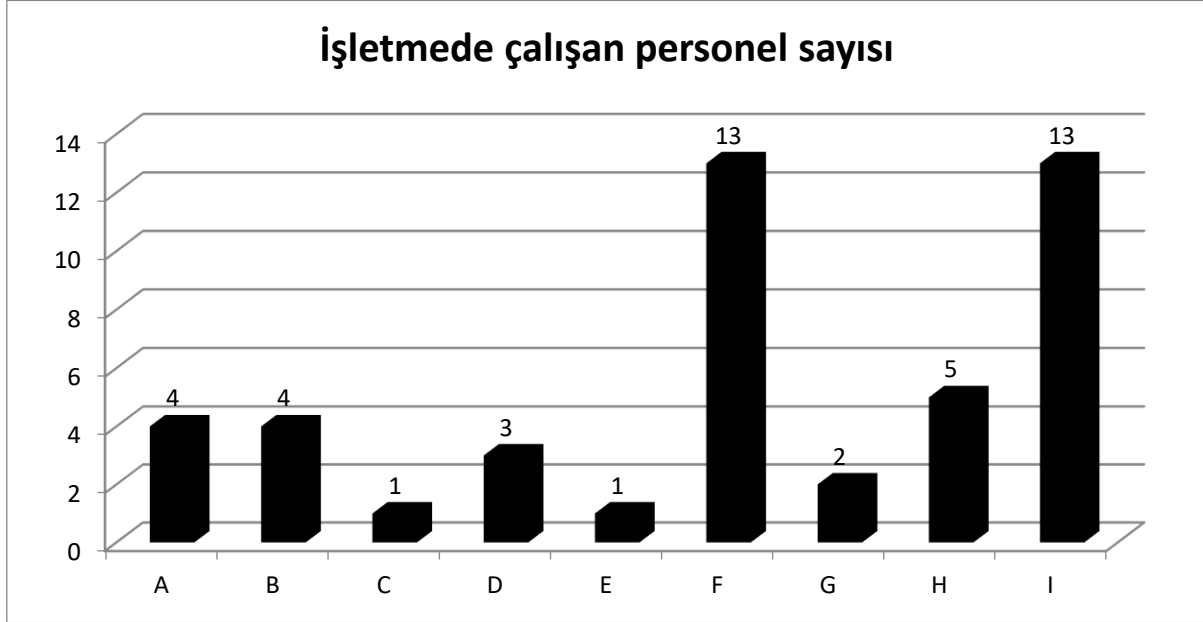


Şekil 5: Anket yapılan işletmelerin açık alan büyüklüğü (m<sup>2</sup>)

Şengül ve Boyraz (2019) Malatya’da faaliyet gösteren etlik piliç işletmelerin % 15.5’ inin 15 dekar ve daha fazla, % 24.6’ ının 10-15 dekar arasında, % 44.4’ ünün 6-10 dekar arasında ve % 15.5’ inin 5 dekar ve daha az araziye sahip olduklarını bildirmişlerdir.

### İşletmede çalışan personel sayısı

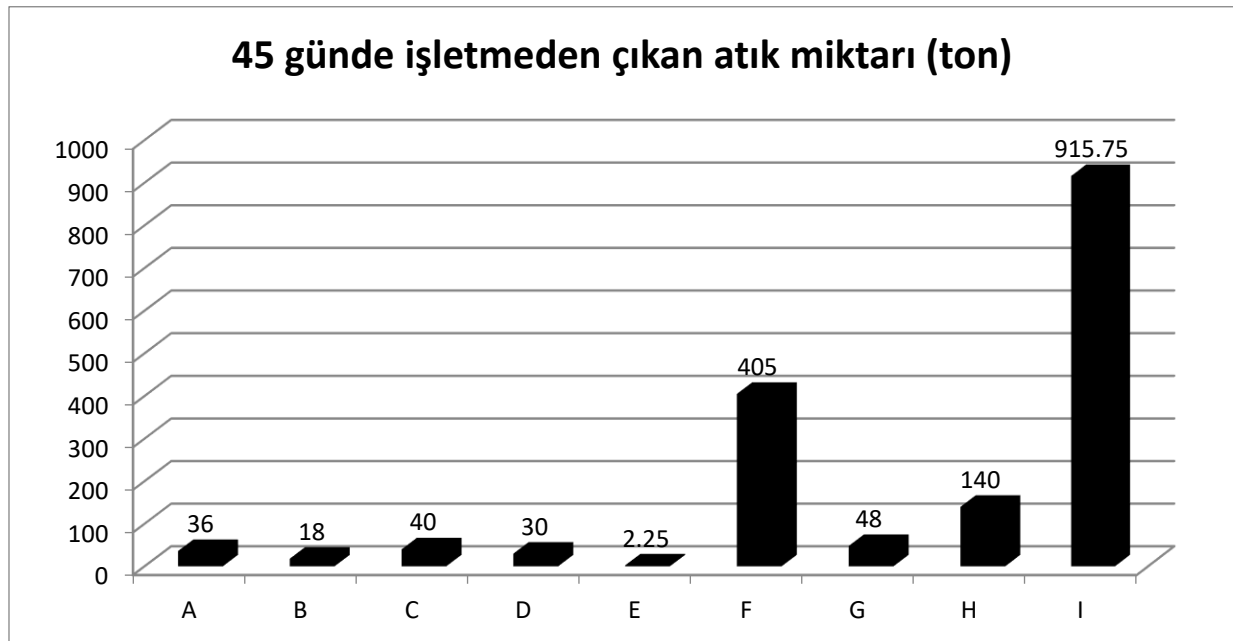
Tavukçuluk işletmelerinin istihdama olan katkısının tahmin edilebilmesi amacıyla, işletmede çalışan personel sayısı bu anket çalışmasıyla tespit edilmiştir. Anket kapsamında işletmelere çalıştırdıkları personel sayısı sorulmuş, işletmelerde çalışan personel sayısının 1 ile 13 arasında değiştiği görülmüştür. İşletmede çalışan personel sayısı Şekil 6' da gösterilmiştir.



Şekil 6: Anket yapılan işletmelerde çalışan personel sayısı

### İşletmeden çıkan kümes atığı miktarı

Etlik piliç yetiştiriciliği yapan işletmelerde 45 günde bir kümes atıklarının kümesten uzaklaştırıldığı işletme sahipleri tarafından bildirilmiştir. Bu nedenle tüm işletmeler için 45 günlük atık miktarı üzerinden değerlendirme yapılmış ve işletmelerin 45 günlük atık kapasitelerinin 2.25 ton ile 915.75 ton arasında değiştiği belirlenmiştir. 45 günlük sürede 915.75 ton kümes atığının oldukça önemli bir miktar olduğu düşünülmektedir. Anket çalışması yapılan işletmelerin atık miktarı Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7: Anket yapılan işletmelerin 45 günlük atık miktarları

### İşletmelerin kümes atığı yönetimi

Anket çalışması kapsamında tavukçuluk işletmesi sahiplerine kümeden çıkan atıkları ne yaptıkları sorulmuştur. Bu konuda işletme sahipleri tarafından farklı cevaplar verilmiştir. Anket yapılan 9 tavukçuluk işletmesinin bu soruya verdiği yanıtlar Çizelge 2’ de görülmektedir.

Çizelge 2: Anket yapılan işletme sahiplerinin kümes atığını ne yapıyorsunuz sorusuna verdiği yanıtlar

İşletme Adı	Tavuk İşletme Sahiplerinin Kümes Atığını Ne Yapıyorsunuz Sorusuna Verdiği Yanıtlar
A	Tarlaya atıyoruz.
B	Tarlaya atıyoruz.
C	Enerji üreten firmalara veriyoruz.
D	Bekletip tarlaya atıyoruz.
E	Gübre olarak kullanıyoruz.
F	Yazın tarlaya atıyoruz kışın depoluyoruz.
G	Yazın tarlaya, kışın enerji üreten firmalar alıyor.
H	Çiftçiler gelip alıyor, tarlaya atıyor.
I	Enerji üreten firmalara veriyoruz.

Yapılan anket çalışması sonucunda, tavukçuluk işletmelerinden çıkan kümes atıklarının işletme sahibinin kendi tarlasında veya talep eden çiftçilerin tarlalarına atıldığı belirlenmiştir. Atıkların bazı işletmelerde bekletilmeden, bazı işletmelerde ise bekletilerek kullanıldığı görülmektedir. Bazı işletmelerin kümes atıklarını enerji üreten firmalara verdiği de tespit edilmiştir.

Kümes atıklarının ekonomik bir şekilde değerlendirilmesinde yem üretimi, gübre üretimi ve biyogaz uygulaması daha çok dikkat çekmektedir (Eleroğlu ve ark., 2013). Özdemir ve Sezer (2013), kümes atıklarının hali hazırda, üretim yapılan bölgelerde gübre veya toprak ıslahı amacıyla araziye döküldüğünü bildirmişlerdir. Diyarbakır ilinde yaptığımız bu çalışmada da atıkların önemli bir kısmının tarlaya atıldığı görülmektedir. Baydan ve Yıldız (2000), tavuk gübresinin enerji kaynağı olarak kullanılmasının mümkün olduğunu bildirmiştir. Diyarbakır ilinde bulunan bazı işletmelerin, kümes atıklarını enerji üretimi amacıyla ilgili firmalara verdiği bu çalışma ile belirlenmiştir.

### Kümes atıklarının bekletilme durumu, nasıl bekletildiği ve bekletme süresi

Tavuk işletmelerine kümes atıklarını bekletip bekletmediği sorulmuştur. Anket yapılan 9 işletmeden 5 tanesi atığı beklettiğini, diğer 4 işletme ise bekletmediğini bildirmiştir.

Çizelge 3: Anket yapılan işletmelerde atıklarının açıkta bekletilme durumu, nasıl bekletildiği ve bekletme süresi

İşletme Kodları	Atıkları Bekletiyor musunuz?	Atıkları Nasıl Bekletiyorsunuz?	Atıkları Bekletme Süresi
A	Evet	Açıkta	6 ay-bazen bekletmeden
B	Hayır	-	-
C	Hayır	-	-
D	Evet	Açıkta	-
E	Evet	Açıkta	12 ay
F	Evet	Açıkta	3 ay
G	Hayır	-	-
H	Hayır	-	-
I	Evet	-	-

Çizelge 3’te görüldüğü gibi, atıkları bekleten işletmelere bu atıkları nasıl beklettikleri sorulduğunda ise tamamı açık alanda beklettiklerini belirtmiştir. Aynı işletmelerin atıkları bekletme süresinin ise 3 ay ile 12 ay arasında değiştiği görülmüştür.

Açık alanda bekletme sırasında oluşan kötü koku çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Özdemir ve Sezer (2013), kümes atıklarında çok farklı miktarda virüsler, bakteriler, funguslar ve protozoalar bulunduğunu bildirmişlerdir. Açık alanda bekletme bunların dışında sinek ve böcek gibi bazı vektörlerin yayılmasına da neden olduğundan çevre üzerine ayrıca olumsuz etkiler yapmaktadır.

**Kümes atıklarının hangi tür bitkisel üretimde kullanıldığı**

İşletme sahiplerine kendi tarlalarında veya atığın verildiği çiftçilerin tarlalarında hangi ürünlerin yetiştirildiği sorulduğunda, bu atıkların buğday, arpa, mısır, pamuk, sebze ve meyvecilik üretiminde kullanıldığı bildirilmiştir. Baydan ve Yıldız (2000), kanatlı gübrelerinin nitrojen, fosfor ve potasyum içerdiğini ve domates, patates ve yapraklı sebzeler gibi bitkilerin yetiştirildiği tarlalarda gübre olarak kullanıldığını bildirmişlerdir.

**İşletme sahiplerinin kümes atıkları ile ilgili sorun yaşama durumu**

Anket çalışması kapsamında görüşülen tüm tavukçuluk işletmesi sahipleri atıklarla ilgili sorun yaşamadıklarını bildirmişlerdir.

**Kümes atıklarından ekonomik getiri elde edilme durumu**

İşletme sahiplerine kümes atıklarından herhangi bir ekonomik getiri elde edip etmedikleri sorulmuştur. İşletme sahiplerinin bu soruya verdikleri yanıtlar Çizelge 4’te görülmektedir.

Çizelge 4: İşletme sahiplerinin kümes atıklarından herhangi bir ekonomik getiri elde edip etmedikleri sorusuna verdiği yanıtlar

İşletme Kodları	İşletme Sahiplerinin Kümes Atıklarından Ekonomik Getiri Elde Ediyor musunuz Sorusuna Verdiği Yanıtlar
A	Hayır
B	Hayır
C	Hayır
D	Hayır
E	Hayır
F	Hayır
G	İşçiliğini ancak karşılıyor
H	Hayır
I	İşçiliğini ancak karşılıyor

Anket yapılan işletmelerden 7’si herhangi bir ekonomik kazanç elde etmediğini bildirirken, 2 işletme sahibi “İşçiliğini ancak karşılıyor” şeklinde verdiği cevapla herhangi bir kazanç elde etmediklerini belirtmişlerdir.

**İşletme sahiplerinin tavuk gübresi üretimine bakış açısı**

İşletme sahiplerine “Tavuk gübresi üretmek ister misiniz?” şeklinde sorulan soruya verilen cevaplar Çizelge 5’de görülmektedir.

Çizelge 5: İşletme sahiplerine kümes atıklarını değerlendirmek ister misiniz şeklinde sorulan soruya verilen cevaplar

İşletme Kodları	İşletme Sahiplerinin Tavuk Gübresi Üretmeyi İsteyip İstememe Durumu
A	Yakıt tesisimiz var, atık az olduğu için faaliyette değil
B	Olabilir
C	Hayır
D	Olabilir
E	Hayır
F	Hayır
G	Hayır
H	Evet, tavuk gübresi üretmek istiyoruz
I	Evet, ama altyapımız yok, Kurumunuzla ortak proje yapabiliriz

Bu hususta işletme sahiplerinin farklı görüşlere sahip olduğu görülmektedir. Tavuk gübresi üretmek istemeyen işletmeler olduğu gibi, bazı işletmeler bu konuda olumlu düşüncelerini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra bir işletme yakıt tesisi olduğunu, fakat yeterli miktarda atık olmadığı için bu tesisin faal olmadığını belirtmiştir.

Tavukçuluk işletmelerinde karşılaşılabilecek muhtemel en büyük problemlerden biri kümes atıklarıdır. Yılmaz ve Öztürk (2015), tavuk eti ve yumurta üretiminin sonucunda oluşan tavuk dışkısı ve kümes altlığının bertarafının tavukçuluk endüstrisinin en önemli çevre kirlilik problemi olduğunu belirtmişlerdir. Bir kümes hayvanı bir yılda

ortalama 22 kg dışkı üretmektedir (Eleroğlu ve ark., 2013). Mevcut hayvan sayısı dikkate alındığında, tavuk işletmelerinden oldukça önemli miktarda kümes atığı elde edildiği görülmektedir. Bu atığın kontrollü ve maksimum fayda sağlanarak bertarafı oldukça önemlidir.

Kümes atıklarının değerlendirilmesinde yakıt kaynağı, hayvan yemi ve tarımsal amaçlı olarak kullanımının ön plana çıktığı görülmektedir. Bolan ve ark. (2010) kümes atıklarının hayvan yemi kaynağı olarak kullanılmasının kirleticiler nedeniyle, yakıt kaynağı olarak ise yüksek nem içeriği ile sınırlı olduğunu bildirmişlerdir. Özdemir ve Sezer (2013) yüksek rutubette düşük kalorifik değere sahip olan tavuk dışkısının yakılabilir bir kuruluğa getirildiğinde kalorifik değerinin yükseldiğini, ayrıca enerji değeri yüksek atıklarla karışım oluşturulduğunda enerji değerinin daha da yükseltilebileceğini ifade etmişlerdir. Yılmaz ve Öztürk (2015), yanma ile bertaraf için kümes atıklarının kalorifik değerinin uygun olduğunu, fakat atıklarda bulunan nem değerinin fazla olmasından dolayı, yanma öncesinde atıkların kurutulması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca yanma sırasında ve sonrasında oluşan külün ve baca gazının çevre kirliliği açısından incelenmesinin önemine değinmişlerdir.

Kümes atıklarının hayvan yemi olarak kullanılmasında bazı sıkıntılar olduğu görülmektedir. Baydan ve Yıldız (2000), yem katkı maddesi olarak hayvan gübrelerinin özellikle geviş getirenlerde kullanılmasının, içerdiği toksik maddeler nedeniyle başlangıçta Gıda ve İlaç Örgütü (FDA) tarafından yasaklandığını bildirmişlerdir. 1980'li yıllarda bu yasak FDA tarafından iptal edilmiştir ancak ilaç kullanılan kanatlıların gübresinin hayvanların beslenmesinde kullanılmasında, kesim öncesi 15-30 günlük bir bekleme süresinin uygulanması FDA tarafından zorunlu hale getirilmiştir (Eleroğlu ve ark., 2013).

Kümes atıklarının nem içeriği birçok açıdan önemlidir. Özdemir ve Sezer (2013), hem kümes atıklarının çevre kirliliği oluşturmaması hem de organik gübre veya biyo-yakıt gibi ürünlere işlenebilmesi amacıyla altlığın rutubet oranının mikrobiyal bozulmaya dayanıklı hale getirilmesi için her türlü tedbirin alınması ve hızla kurutulmasının önemine dikkat çekmişlerdir. Demir (2020), kümes atığında kül ve nem oranının artması ile enerji potansiyelinin azaldığını bildirmiştir. Er ve Özdemir (2018) yaptıkları çalışmalarında kümes atığının nem içeriğini % 26.2 olarak tespit etmişler ve yüksek rutubette düşük kalorifik değeri olan kümes atıklarının, yakılabilir bir kuruluk değerine getirildiğinde kalorifik değerinin arttığını belirtmişlerdir.

Kümes atıklarının bir diğer değerlendirme yöntemi ise tarımsal amaçlı kullanımdır. Kümes atıkları, tarımsal açıdan oldukça değerli besin elementleri içermektedirler. Bolan ve ark. (2010) kümes hayvanı atığının, ürün üretimi için önemli bir nitrojen, fosfor ve iz element kaynağı sağladığını ve fiziksel ve biyolojik verimliliği iyileştirmede etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca arazi uygulamasının bu değerli kaynağın kullanımı için ana seçenek olmaya devam ettiğini belirtmişlerdir. Eleroğlu ve ark. (2013), tavuk dışkısının organik gübre olarak kullanılmasının, tarımsal üretime katkı sağlayacağını ve onu çevre sorunlarına neden olan atık olmaktan çıkaracağını bildirmişlerdir. Ayrıca, tavuk dışkısından gübre üretmeye yönelik teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Kütük (2013), tavuk dışkılarının kompostlanarak değerli organik gübrelere dönüştürülmesi gerektiğini ve mutlaka değerlendirilmesi gereken doğal bir kaynak olduğunu belirterek bunun ülkemiz tarımı için önemini vurgulamıştır. Taban ve ark. (2013) uygun koşullarda yapılacak kompostlama işlemi ile, taze tavuk dışkısının doğrudan topraklara uygulanması sonucu oluşacak tuz zararı veya dışkıda bulunan hastalık etmenlerinden kurtulmanın mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Sonuç olarak tavukçuluk işletmelerinden çıkan kümes atıklarının tarımsal üretimde gübre olarak veya enerji üretiminde yakıt kaynağı kullanılması daha uygun olacaktır. Ancak yakıt olarak kullanımında nem içeriği ön plana çıkmaktadır. Tarımsal gübre kaynağı olarak kullanımında ise kompostlanarak kullanılmasının daha sağlıklı olduğu düşünülmektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada, Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren tavukçuluk işletmelerinden çıkan kümes atıklarının enerji kaynağı olarak veya tarımsal alanlarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Ancak, bazı işletmelerin kümes atıklarını tarım arazilerine dökerek beklettikleri görülmüştür. Bu uygulamanın bırakılması ve söz konusu kümes atıklarının tarımsal amaçlı veya enerji üretimi amaçlı olarak değerlendirilmesi atık bertarafı açısından oldukça faydalı olacaktır. Çünkü bu atıkların açıkta bekletilmesinin bazı çevre sorunlarına neden olabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar işletme sahipleri atıkların kendileri açısından önemli bir sorun teşkil etmediğini söyleseler de yakınlardaki yerleşim alanlarında yaşayan insanların bu durumdan etkileneceği açıktır.

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

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



## KAYNAKLAR

- Anonim, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Resmi İnternet Sayfası. (Erişim Tarihi:20.03.2023)
- Atasoy, F. 2000. Tavuk yetiştiriciliğinde altlığın kullanılması ve önemi (Derleme). Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 40(1): 90-97
- Baydan, E. ve Yıldız, G. 2000. Tavuk dışkılarından kaynaklanan sorunlar ve başlıca çözüm yolları. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 40(1): 1-8.
- Bolan, N. S., Szogi, A. A., Chuasavathi, T., Seshadri, B., Rothrock, M. J., and Panneerselvam, P. 2010. Uses and management of poultry litter. World's Poultry Science Journal, 66(4): 673-698.
- Demir, M. S. 2020. Kümes atıklarının yanma karakterizasyonunun ve hava emisyonlarının belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s.
- Eleroğlu, H., Yıldız, S. ve Yıldırım, A. 2013. Tavuk dışkısının çevre sorunu olmaktan çıkarılmasında uygulanan yöntemler. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 2: 14-24.
- Er, A. ve Özdemir, S. 2018. Tavuk gübresi ve tarımsal atıkların biyoyakıt karakterlerinin incelenmesi. Sakarya University Journal of Science, 22(2): 489-494.
- Gençoğlu, S., ve Gençoğlu, C. 2017. Altlık materyalinin etlik piliçlerin refah ve performansı üzerine etkisi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(12): 1660-1667.
- İnci, H., Yiğit B., ve Karakaya, E. 2019. Bingöl ilindeki etlik piliç işletmelerinin teknik özellikleri. Akademik Ziraat Dergisi, 8(2): 265-274.
- Kılıç, İ., Ve Karaman, S. 2014. Bir yumurta tavukçuluğu işletmesinin yaşam döngüsü değerlendirmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2): 107-112.
- Kütük, C. 2013. Bolu'daki tavuk dışkılarından kompost gübre olarak yararlanılması. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 10(1): 40-46.
- Özdemir, S. ve Sezer, B. 2013. Kümes atıklarının organik gübre ve biyoyakıt olarak değerlendirilmesi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 10: 20-24.
- Şekeroğlu, A., Eleroğlu, H., Sarıca, M., ve Camcı, Ö. 2013. Yerde üretimde kullanılan altlık materyalleri ve altlık yönetimi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 10: 25-34.
- Şengül, T. ve Boyraz, Ö. F. 2019. Malatya ilindeki etlik piliç işletmelerinin teknik ve yapısal özellikleri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(3): 440-446.
- Taban, S., Turan, M. A., ve Katkat, A. V. 2013. Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 10(1): 9-13.
- Yenilmez, F. 2015. Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Üretimi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, 29(3): 205-212.
- Yılmaz, F. ve Öztürk, F. 2015. Bolu ili tavukçuluk sektöründeki tavuk dışkısı ve kümes altlıklarının alternatif yakıt olarak çimento fabrikasında yakma işlemi ile bertarafı. 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim, İzmir, s. 124-136.

## Azot ve Bor Uygulamalarının Şeker Pancarında Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Bedriye BİLİR<sup>1\*</sup> , Kadir SALTALI<sup>2</sup> 

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

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,  
Kahramanmaraş

\*Sorumlu Yazar: [bbilir@sirnak.edu.tr](mailto:bbilir@sirnak.edu.tr)

Geliş Tarihi: 28.03.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 08.05.2023 Kabul Tarihi: 01.06.2023

### ÖZ

Şeker pancarı üretiminde verim ve kaliteyi etkileyen besin elementlerinin başında azot (N) ve bor (B) gelmektedir. Bu çalışmanın amacı; Kahramanmaraş Elbistan ilçesinde yaygın olarak yetiştirilen şeker pancarına N ve B içeren gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır. Deneme 2017 ve 2018 yıllarında tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Bu amaçla beş farklı N dozu (0, 90, 180, 270, 360 kg N ha<sup>-1</sup>) ve dört farklı B dozu (0, 2, 4, 6 kg B ha<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. Denemeden elde edilen verilere göre N uygulama dozları arttıkça, yaprak ve gövde verimi artarken, gövde şeker oranı azalmıştır (p<0.01). B uygulamasının şeker oranı üzerine etkisi 2017-2018 yılları verileri birleştirilerek yapılan Tukey testinde 6 kg B ha<sup>-1</sup> dozunda önemli bulunmuştur (p<0.05). Sonuç olarak, N uygulama dozlarının artması şeker pancarı kalitesini azaltırken B uygulaması verim ve kaliteyi artırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ekonomik ve çevresel açıdan bölgede şekerpancarına 236 kg ha<sup>-1</sup> azotlu gübre uygulaması ve 2-3 yılda bir 6 kg B ha<sup>-1</sup> uygulaması önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Şeker pancarı, azot, bor, verim, kalite

## The Effect of the Applications of Nitrogen and Boron on the Yield and Some Quality Characteristics of Sugar Beet

### ABSTRACT

Nitrogen (N) and boron (B) are leading nutrients that affect yield and quality the production of sugar beet. The purpose of this study was to examine the effect of the fertilizer applications of N and B on the yield and some quality characteristics of sugar beet, which is widely grown in the district of Elbistan in Kahramanmaras. The experiment was set up in a randomized block factorial design with 3 replications in 2017 and 2018. Five N doses (0, 90, 180, 270 and 360 kg N ha<sup>-1</sup>) and four B doses (0, 2, 4 and 6 kg B ha<sup>-1</sup>) were applied in the study. In the experiments, it was found that the yield of leaves and taproots increased with the increasing doses of N application the decrease in taproot sugar content (p<0.01). Tukey test was carried out by combining the data for 2017 and 2018 and it was found that the effect of B application on the sugar content was significant at p<0.05 at the B dose of 6 kg B ha<sup>-1</sup>. As a result, while increasing N application doses decreased sugar beet quality B applications increased in the yield and quality. According to the results of the research, it can be recommended to apply 236 kg ha<sup>-1</sup> N fertilizer to sugar beet in the region and 6 kg B ha<sup>-1</sup> application every 2-3 years in the region in terms of economy and environment.

**Key words:** Sugar beet, nitrogen, boron, yield, quality

## GİRİŞ

Şeker pancarı verim ve kalitesini doğrudan etkileyen en önemli besin elementlerinden birisi azottur. Yeni Zelanda'da şeker pancarı üzerine yapılan bir çalışmada optimum gövde ve şeker verimi için N dozu 200-240 kg ha<sup>-1</sup> olarak önerilmiştir (Smit ve ark., 1995). Tsialtas ve Maslaris (2013) ise kuadratik yanıt modeliyle şeker pancarında maksimum verimi 252.5 kg N ha<sup>-1</sup> gübre uygulaması ile elde ettiklerini bildirmişlerdir. N, bitkilerin yaprak sayısını ve yaprakta klorofil miktarını artırması ile bireysel yaprak alanının büyümesine olan olumlu etkilerinden dolayı şeker pancarının ihtiyacı olan azotun karşılanması gerekir (Moran ve ark., 2000; Malnou ve ark., 2008).

Şeker pancarı, gövde gelişimini sağlayabilmesi için güneş ışığından yararlanması gerekmekte olup bunun için de olabildiğince hızlı yaprak oluşturmaktadır. Aynı zamanda fotoototrofik bir bitki olan şeker pancarı yeşil yapraklarıyla gerçekleştirdiği karbonun fotosentetik fiksasyonu ile bitkinin karbonhidrat ihtiyacını karşılar. Oluşan karbonhidratlar daha sonra floem yoluyla taşınarak çoğunlukla sakkaroz formunda (Wang ve Ruan, 2016) fotosentez ürünleri çok az üretildiği hetetrofik organ ve dokulara taşınmaktadır (Li ve ark., 2017; Slewisk ve Braun, 2010).

Şeker pancarının kalitesi tanımlanırken şeker oranı önemli bir faktördür. Azotun topraktaki hem fazlalığı hem de noksanlığı şeker pancarındaki şeker oranını etkilemektedir. Ülkemizde yetiştirilen şekerpancarının şeker oranı genellikle %14-18 arasında değişmektedir. Şeker fabrikalarında pancar işlenirken pancardaki sakkarozun tamamı kristalize edilememektedir. Bu nedenle şekerin bir kısmı melasa geçmektedir. Şeker randımanını düşüren melas oluşturu maddelerin alfa amino azotu (zararlı N), potasyum (K) ve sodyum (Na) olduğu ileri sürülmektedir (Manh ve Hoffmann, 2001). Şeker pancarına ihtiyacından fazla uygulanan azotlu gübre yaprak gelişiminin fazla olmasına, gövdenin olgunlaşmasının yavaşlamasına ve melas oluşturan maddelerin artmasıyla da şeker oranında düşmeye neden olmaktadır (Franzen, 2004; Moore ve ark., 2009).

Ankara'da 2009-2010 yıllarında yürütülen çalışmada şeker pancarına damla sulama yöntemi ile beş farklı N dozu (100, 130, 160, 190 ve 210 kg N ha<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. Araştırma sonucuna göre 2009 yılında en yüksek gövde verimi 160 ve 190 kg ha<sup>-1</sup> N dozlarında 74 350 ve 78 390 kg ha<sup>-1</sup> olarak, 2010 yılında ise 190 kg N ha<sup>-1</sup> dozunda 92 410 kg ha<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. 2009 ve 2010 yıllarında en yüksek şeker oranı, uygulanan azotun en düşük olduğu 100 kg N ha<sup>-1</sup> dozunda sırasıyla %17.9 ve %14.2 olarak elde edilmiştir (Pişkin ve Ünal, 2014).

Bitkisel üretimde B eser miktarda ihtiyaç duyulan ve yeterlilik-toksisite sınırı birbirine çok yakın olan mikro besin elementidir. B, şeker pancarı gibi bitkilerin fizyolojik işlevleri için gerekli olup noksanlığında bitkinin büyüme ve metabolizmasını etkileyerek beslenme problemlerine neden olmaktadır (Abou Seeda ve ark., 2021). Birçok ülkede B noksanlığı ürün veriminde ciddi azalmalara yol açtığı için son 60 yılda yaklaşık 15 milyon hektar alanda B gübrelemesi yapıldığı rapor edilmiştir (Shorrocks, 1997). Kahramanmaraş ilinde ise tarım alanlarının yayımlı B miktarının 0.01 - 0.99 mg B kg<sup>-1</sup> ile çok az ve az sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Yılmaz, 2020). Topraklardaki B yeterli sınıfında yer alsa bile şeker pancarı gibi B isteği yüksek olan bitkilerde noksanlık belirtilerinin görülebileceği vurgulanmıştır (Pendias, 2011).

B, hücre duvarı ile membranların yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünün sağlanmasında, H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Rb<sup>+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> iyonlarının taşınımı, hücre bölünmesi ve uzamasında, karbonhidrat ve N metabolizmasında, şeker taşınımı ve protein, enzim, nükleik asit, indol asetik asit, poliaminler, askorbik asit ve fenol metabolizmasında ve taşınmasında görev almaktadır (Abou Seeda ve ark., 2021). Şekerpancarında B noksanlığında fotosentetik ürünlerin miktarı ve taşınması olumsuz etkilemekte (Wang ve ark., 2016; Li ve ark., 2017) ve fotosentetik ürünlerinin gövdeye taşınmaması sonucu gövde büyümesi ve şeker oranında azalma meydana gelmektedir (Berger, 1949). Benzer şekilde, şeker pancarında B noksanlığında, hücre membran stabilitesi bozulmakta, çok geçirgen ve sızdıran bir yapısal özellik oluşmaktadır (Çakmak ve ark., 1995). B eksikliği ile geçirgen bir hal alan hücre membranları için yaprak ve gövde hücrelerinden dışarıya K, amino asit, şeker, fenolikler ve organik bileşiklerin sızarak kaybolduğu bildirilmiştir (Çakmak ve ark., 1995; Dordas ve Brown, 2005). El-Sherief ve ark. (2016) şeker pancarına 0, 1.20, 2.40 kg B ha<sup>-1</sup> uygulamışlar ve uygulama sonucunda şeker oranı B dozunun artması ile %15.5'ten %17.1'e, gövde verimi ise 63 600 kg ha<sup>-1</sup>'den 65 000 kg ha<sup>-1</sup>'a yükselmiştir.

Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinin 1985 yılında şeker fabrikasının kurulmasından bu yana şeker pancarı üretiminde önemli bir yeri bulunmaktadır. Kahramanmaraş'ta 2019 yılında 4.072 ha alanda şeker pancarı yetiştiriciliği yapılmıştır. Bu alanın yaklaşık olarak %60'lık kısmı Elbistan'a aittir (Anonim, 2020). Elbistan'da son yıllarda şeker pancarının şeker oranının düşmesi bölgenin en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Şeker pancarı üreticileri ile yapılan görüşmelerde azotlu gübreyi yaklaşık 400 kg ha<sup>-1</sup> uyguladıkları ve mikro besin elementi gübrelemesi yapmadıkları belirlenmiştir. Azotlu gübrelerin ihtiyaçtan fazla kullanımı şeker pancarının gövde verimini artırırken, azotun vejetatif aksam üzerindeki olumlu etkisinden dolayı yaprak sayısı da artmaktadır. Artan yaprak sayısı ile fotosentetik olaylarının artması gövdede sakkaroz azalmasına yol açmaktadır (Kashem ve ark., 2016). Aynı zamanda şeker pancarı mikro besin elementlerden B, Mn ve Cu

eksikliğine karşı çok hassastır (Barlog ve ark., 2016). 2017 yılında şeker pancarının yaygın olarak yetiştirildiği Elbistan-Afşin ilçelerinde on farklı mahalleden (Doğanköy, Ağlıca, Alembey, Çatova, Güvercinlik, Kışla, Karahöyük, Hasankendi, Kabağağaç ve Balıkçıl) alınan toprak örneklerinde B içeriği 0.006-0.33 mg B kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir (Bilir ve Saltalı, 2019). Şeker pancarı beslenmesinde önemli yeri olan N gübresinin fazla, B gübresinin de hiç kullanılmaması bölgede şeker pancarında optimum verim ve şeker oranının azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, şeker pancarına farklı dozlarda N ve B uygulamasının bitkinin yaprak, gövde verimi ve şeker oranı üzerine etkisini incelemektir.

## MATERYAL ve METOT

### Deneme Alanı ve Toprak Özellikleri:

Bu çalışma Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde 2017 ve 2018 yıllarında nisan-ekim ayları arasında çakılı deneme olacak şekilde yürütülmüştür. Elbistan Havzası'nda yazları sıcak ve kurak, kış ve ilkbahar aylarında yağışın olduğu Akdeniz iklimi ile karasal iklim tipi arasında yer alan "geçiş tipi iklim" görülmektedir (Esen ve Tonbul, 2015). 2017 ve 2018 yılları şeker pancarı büyüme dönemi boyunca ortalama sıcaklık sırasıyla 18.8 °C ile 19.2 °C iken toplam yağış 195 mm ile 182 mm olarak belirlenmiştir (KMİM, 2020). Deneme alanı toprakların tekstürü killi-tınlı (kum: % 31.4, silt: % 31.8, kil: % 36.7) bünyeye sahiptir. Toprak reaksiyonu 7.97 ile hafif alkalın ve tuzsuz (2.15 dS m<sup>-1</sup>) sınıfında yer almaktadır. Kireç miktarı (%33) çok fazla, organik madde ise (%2.15) orta düzeydedir. Topraktaki değişebilir K (473 mg kg<sup>-1</sup>), Ca (7659 mg kg<sup>-1</sup>), Mg (877 mg kg<sup>-1</sup>), yarayışlı Cu (1.5 mg kg<sup>-1</sup>) ve Mn (2.8 mg kg<sup>-1</sup>) elementleri yeterlilik düzeylerinin üzerinde belirlenmiştir. Toprağın P (11 mg kg<sup>-1</sup>) içeriği az, mikro besin elementlerinden Fe (3.20 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (0.47 mg kg<sup>-1</sup>) ve B (0.56 mg kg<sup>-1</sup>) ise yeterlilik sınırının altında bulunmuştur.

### Deneme Alanı Tasarımı ve Kültürel Uygulamalar:

Deneme alanına parsellasyon işleminden önce noksanlığı görülen besin elementlerinden, P (Triple Süper Fosfat, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Fe (20 kg ha<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) ve Zn (30 kg ha<sup>-1</sup> ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) homojen dağılacak şekilde uygulanmıştır. Parsellasyon işlemi yapıldıktan sonra her parsel için uygulanacak gübre dozları tesadüfi olarak belirlenmiştir. Parsellere uygulanacak gübre miktarları; N için 0, 90, 180, 270, 360 kg N ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş her iki yılda ikiye bölünerek yarısı ekimle amonyum sülfat formunda diğer yarısı ise birinci çapa ile birlikte üre formunda uygulanmıştır. B için ise 0, 2, 4, 6 kg B ha<sup>-1</sup> olacak şekilde 2017 yılında %20.9 B içeren ETİDOT-67 gübresi ile parsellere homojen dağılması için suda eritildikten sonra toprağa püskürtülüp tırmık ile karıştırılmıştır. Denemenin yürütüldüğü ikinci yıl Fe, Zn ve B gübrelemesi yapılmamış yalnızca N ve P gübre uygulaması yapılmıştır. Belirlenen gübre dozları 20 m<sup>2</sup> alana uygulanmış olup 45 cm sıra arası ve yaklaşık 25 cm sıra üzeri mesafe olacak şekilde 5 sıra şeker pancarı ekimi yapılmış ve parsel kenarı seddeleri oluşturulduğu için parsel alanı 18 m<sup>2</sup> (2.25 m x 8 m) olarak değerlendirilmiştir. Şeker pancarı ekiminde, Aranka çeşidi şeker pancarı tohumu kullanılmış ve ekim her iki yılda nisan ayının ilk yarısında yapılmıştır. Ekimden sonra seyretme işlemi yapılarak her parselde 144 adet (80 000 adet bitki ha<sup>-1</sup>) bitki bırakılmıştır. Sulama mevsim sıcaklıkları ve bitki ihtiyacı göz önünde bulundurularak kenarları seddelerle tava haline getirilen parsellerde, her parsel için aynı sürede ve aynı miktarda su verilecek şekilde yüzey sulama yöntemlerinden salma sulama şeklinde yapılmıştır.

### Şeker Pancarı Hasatı ve Verim Hesaplama:

Şeker pancarı vejetasyon süresini tamamlayıp teknolojik olgunluğa ulaştıktan sonra her iki yılda ekim ayının ilk yarısında hasat edilmiştir. Hasat, kenar etkisini en aza indirmek için parselin baş kısmından 1'er metre ve kenarlarından birer sıra çıkarılarak toplam 8.1 m<sup>2</sup> alanda yapılmıştır. Hasatta sökme beli kullanılmıştır. Hasat edilen pancarların baş ve yaprakları uzaklaştırıldıktan sonra pancar gövdeleri sayılıp, tartılmış ve ortalama gövde ağırlığından hektara verim hesaplanmıştır. Aynı zamanda tesadüfi olarak seçilen 10 tane şeker pancarlarının yaprak kısımları baş kısmından ayrı olarak tartılmıştır ve hektara yaprak verimi elde edilmiştir. Şeker verimi ise şeker oranı ve gövde veriminden yararlanılarak;

$$\text{Şeker Verimi (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Şeker Oranı (\%)} \times \text{Şeker Pancarı Gövde Verimi (kg ha}^{-1}\text{)}}{100} \quad (1)$$

Eşitlik 1.'de verilen formül ile hesaplanmıştır.

### Toprak ve bitki analizleri:

Deneme alanı topraklarının tekstür sınıfı bouyoucus hidrometre yöntemi ile (Gee ve Bauder, 1986), pH ve EC değerleri toprak-saf su karışımının bir gece bekletilmesi ile Demiralay (1993) tarafından bildirilen pH ve EC metrede ölçülerek belirlenmiştir (Rhoades, 1996). Organik madde Nelson ve Sommers (1996) tarafından bildirilen Modifiye Walkley-Black yöntemine göre, toplam kireç; Scheibler kalsimetresi ile ölçülmüştür (Allison ve Moodie, 1965). Bitkiye yarayışlı makro besin elementlerinin tayini (Ca, Mg, K) 1N amonyum asetat

(NH<sub>4</sub>OAC, pH=7) yöntemine göre belirlenmiştir (Helmke ve Sparks, 1996). Bitkiye yarayışlı fosfor Olsen ve Sommers (1982) tarafından bildirilen 0.5 M NaHCO<sub>3</sub> yöntemiyle, ekstrakte edilebilir mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn); DTPA yöntemiyle (Lindsay ve Norvell, 1978) belirlenmiştir. Toprakta yarayışlı B; mannitol-CaCl<sub>2</sub> yöntemiyle (Cartwright ve ark., 1983), şeker oranı ise kıyılan şeker pancarı numunelerinin %0.3'lük alüminyum sülfat çözeltisi ile homojen bir şekilde karıştırılmasından sonra süzülerek, polarimetre cihazı ile belirlenmiştir (Kavas ve Leblebici, 2004).

### İstatistik Analizler

Çalışma alanından elde edilen verim ve kalite parametre verileri "JMP 13.2.0" paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. JMP 13.2.0 programı ile varyans analizi ve standart hata belirlemiştir. Uygulama ortalamaları arasındaki farkları belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (SASS, 1999).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Yaprak Verimi (kg ha<sup>-1</sup>):

Şeker pancarına farklı dozlarda uygulanan N ve B gübrelere ait ortalama değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Uygulanan N dozlarının artmasının birinci yıl, ikinci yıl ve iki yıl verileri birleştirilerek elde edilen varyans analiz sonuçlarına göre yaprak verimini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (p<0.01). NxB gübre kombinasyonları birinci yıl p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemenin yürütüldüğü birinci yıl N uygulamasının yapılmadığı kontrol grubunda yaprak verimi 11 156 kg ha<sup>-1</sup> iken uygulama dozlarının artması ile artmış ve en yüksek 360 kg N ha<sup>-1</sup> uygulamasında 16 378 kg ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. İkinci yıl ise yaprak verimi kontrol grubunda 8486 kg ha<sup>-1</sup> iken N uygulama dozlarının artması ile artmış ve en yüksek 360 kg N ha<sup>-1</sup> uygulamasında 15 525 kg ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. N uygulama dozlarının yaprak verimi üzerine etkisi oldukça belirgindir. Bu ise şeker pancarına uygulanan N dozunun artmasının aşırı yaprak üretimine neden olması ile ilişkilendirilmektedir (Milford ve ark., 1988; İlbaş ve ark., 1996). Canigeniş (2012)'in bildirdiğine göre şeker pancarında en düşük yaprak verimi 0 kg N ha<sup>-1</sup> dozunda 9110 kg ha<sup>-1</sup> ile elde edilirken, uygulanan N dozlarının artması ile birlikte şeker pancarı yaprak veriminin arttığı görülmüştür. En yüksek yaprak verimi ise 32 470 kg ha<sup>-1</sup> ile 300 kg N ha<sup>-1</sup> dozunda elde edilmiştir. Kullanılan şeker pancarı çeşiti, vejetasyon süresi ve ekolojik farklılıklar göz önünde bulundurulduğunda çalışma sonuçlarımızın verilen literatürlerle uyumlu olduğu görülmektedir. İkinci yıl yaprak verimi, birinci yıla göre %11 civarında düşmüştür. Yaprak veriminin düşmesinin yıllar arasındaki sıcaklık farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 1. Azot ve bor uygulamalarının yaprak verimi (kg ha<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

			N Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )					Ort.
			N0	N90	N180	N270	N360	
2017	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	9670±868d	11 640±584b-d	12 808±984a-d	15872±1664ab	16 664±1304a	13 330
		B2	11 210±172cd	11 904±1904b-d	13 080±3768a-d	14720±1760a-c	15 664±152ab	13 315
		B4	12 030±76b-d	11 944±1256b-d	11 184±352cd	13620±1420a-d	16 552±856a	13 065
		B6	11 720±1032b-d	12 144±3424b-d	13 512±1112a-d	10892±484cd	16 632±1464a	12 980
		Ort.	11 156C	11 908C	12 646BC	13 776B	16 378A**	
2018	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	8784±100	10 176±640	13 584±264	12 496±200	13 728±48	11 753
		B2	7840±144	10 064±3184	11 608±2584	10 464±200	16 920±936	11 379
		B4	8440±600	10 688±1520	11 864±2456	13 675±588	16 088±3000	12 151
		B6	8880±842	10 848±576	11 930±361	12 432±2480	15 365±3715	11 892
		Ort.	8486C	10 444BC	12 248B	12 226B	15 525A**	
2017-2018	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	9226±734	10 908±971	13 196±771	14 184±2131	15 196±1807	12 542
		B2	9524±1851	10 984±2553	12 344±2999	12 592±2586	16 292±926	12 347
		B4	10 234±2002	11 316±1424	11 524±1612	13 647±972	16 320±1989	12 608
		B6	10 300±1769	11 496±2307	12 724±1136	11 662±1807	15 998±2619	12 436
		Ort.	9821D	11 176C	12 447BC	13 021B	15 951A**	

\*:0.05, \*\*:0.01

**Gövde (Kök) Verimi (kg ha<sup>-1</sup>):**

N ve B uygulamalarının farklı dozları ile NxB gübre kombinasyonlarının gövde verimine etkisini gösteren ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir. N uygulamasının her iki yıl ve iki yıl verilerini birleştirilerek yapılan varyans analiz sonucuna göre gövde verimi üzerine etkisi önemli olmuştur ( $p<0.01$ ). B gübre uygulamasının gövde verim üzerine etkisi birinci yıl  $p<0.05$  düzeyinde etkili olurken, iki yıl verilerini birleştirilerek yapılan değerlendirmede de gövde verimi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ).

N uygulama dozlarının artması ile gövde büyüklüklerindeki farklılık Şekil 1'de, gövde verimindeki doğrusal artış ise Şekil 2'de görülmektedir. Sulfab ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, N uygulamasının yapılmadığı parselde şeker pancarı verimi 41 240 kg ha<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, ara dozlarda artış devam etmiş ve çalışmada uygulanan en yüksek N dozunda (80 kg N ha<sup>-1</sup>) 60 380 kg ha<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. N uygulamalarının artmasının bitki büyümesine, krolofil sentezine ve fotosentez süreçlerine olumlu katkılarından dolayı verimdeki artış azotun vejetatif büyümeye güçlü bir etkisi olduğu vurgulanmıştır (Tei ve ark., 2000; Singh ve ark., 2015; Leilah ve ark., 2015). Albayrak ve Yüksel (2010) yem pancarında, Hellal ve ark. (2009) şeker pancarında yaptıkları çalışmada artan N uygulamaları ile gövde çapının ve uzunluğunun arttığını bildirmişlerdir. Yukarıda belirtildiği gibi B uygulaması ile 2017 ve 2018 yıllarında şekerpancarı gövde verimi artmıştır. Durak ve Ulubaş (2017), şeker pancarına 1.8 kg B ha<sup>-1</sup> uygulaması ile gövde veriminde diğer uygulamalara göre %18'lik bir artış sağladığını bildirilmiştir. Lawson (2010), B içeriği düşük kumlu bir toprakta yetiştirilen şeker pancarına 4 farklı B dozunu (0, 2.3, 4.5 ve 9.0 kg B ha<sup>-1</sup>) yaprakdan uygulamış ve uygulanan üç dozun kontrole göre gövde verimini ortalama 46 330 kg ha<sup>-1</sup>'den 74 800 kg ha<sup>-1</sup>'a kadar yükselttiğini rapor etmiştir. Durak ve Karan (2017), Karamvandi (1997), Korkmaz ve ark. (2002) şeker pancarı üzerine yaptıkları çalışmalarda B gübre uygulamalarının gövde verimini artırmada önemli etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, borun fotosentez sonucu oluşan ürünleri büyüme noktalarına ve köke taşınımındaki rolü ile açıklanmaktadır (Çakmak ve Römheld, 1997). B noksanlığı sonucu fotosentez ürünlerinin taşınması durumunda ise bitkide büyüme geriliğinin görülmesi muhtemeldir. Bununla birlikte borun sağlıklı hücre duvarı oluşumuna olumlu katkısı ile beraber indolasetik asiti (IAA) artırıcı etkisinden dolayı gövde veriminde doğrudan etkilidir (Marschner, 2012). Bu çalışmada, birinci yıl ve iki yılın birleştirilmesi ile elde edilen ortalama değere göre maksimum verim artışı 6 kg B ha<sup>-1</sup> dozunda görülmüştür.

N ve B uygulamalarının yapraklarda tilakoid ve stoma proteinlerini artırdığı bildirilmiştir (Shekhawat ve Shivay, 2012). Hellal ve ark. (2009) şeker pancarına N ve B uygulanması ile krolofil ve nükleik asit sentezi, hücre farklılaşması ve uzaması ile lignin sentezindeki rollerinden dolayı gövde çapında iyileşme görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Çizelge 2. Azot ve bor uygulamalarının gövde verimi (kg ha<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

		N Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )						
		N0	N90	N180	N270	N360	Ort.	
2017	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	58 116±46	72 320±1200	71 706±1344	76 933±5942	82 693±2681	72 352B
		B2	64 453±5012	70 426±4686	73 173±1227	78 240±3297	84 826±2435	74 224AB
		B4	63 706±646	70 906±2002	70 453±1554	76 346±1762	87 013±2286	73 685AB
		B6	65 013±2481	70 293±2562	78 906±1241	78 640±2080	86 586±1256	75 888A*
		Ort.	62820D	70986C	73560C	77540B	85280A**	
2018	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	58 586±3989	73 280±240	75 520±960	75 413±5211	85 306±3610	73 621
		B2	65 120±3600	71 493±7814	73 200±1082	75 653±2379	81 653±1361	73 424
		B4	62 373±5242	73 546±3003	77 200±6112	76 906±6096	84 666±441	74 938
		B6	67 600±3538	75 573±2629	76 426±31	77 733±2685	84 240±720	76 314
		Ort.	63 420C	73 473B	75 586B	76 426B	83 966A**	
2017-2018	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	58 346±2536	72 800±936	73 613±2335	76 173±5067	84 000±2231	72 986B
		B2	64 786±3921	70 960±5792	73 186±1034	76 946±2936	83 240±2476	73 824B
		B4	63 040±3419	72 226±2702	73 826±5437	76 626±4025	85 840±1954	74 312AB
		B6	66 306±3079	72 933±3709	77 666±1568	78 186±2205	85 413±1578	76 101A**
		Ort.	63 120D	72 230C	74 573BC	76 983B	84 623A**	

\*:0.05, \*\*:0.01



Şekil 1. Deneme alanına ait 0 kg ha<sup>-1</sup> ve 180 kg ha<sup>-1</sup> N uygulamalarının şeker pancarı gövdeleri üzerine etkisi.

#### Şeker Oranı (%):

Şeker pancarına uygulanan farklı dozlardaki N ve B gübrelerinin şeker oranına etkisine ait ortalama değerler Çizelge 3'de verilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda N uygulama dozlarının artması ile şeker oranındaki azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Denemenin yürütüldüğü her iki yılda en yüksek şeker oranı N uygulamasının yapılmadığı kontrol grubunda elde edilmiştir. İki yıl verileri birleştirilerek yapılan varyans analizinde ise B gübre uygulamaları ve NxB gübre kombinasyonu  $p < 0.05$  düzeyinde etkili bulunmuştur. Çimrin (2001), artan N dozuyla şeker içeriğinin yaklaşık %8'lik bir düşüşe sebep olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise N uygulama dozlarının artması, şekerpancarı şeker oranında %7.1'lik bir düşüşe neden olmuştur. Şeker pancarı bitkisine ihtiyacından fazla azotlu gübre kullanılması; koyu yeşil yaprakların aşırı üretimi (Milford ve ark., 1988), gövdede şeker içeriğinin azalmasına ve amino-N bileşiklerinin artmasına neden olmaktadır (Pocock ve ark., 1990). Amino-N bileşikleri sakkarozun kristalleşmesini azaltarak şeker pancarı işleme sürecinde melas ile şeker kayıplarını artırmaktadır (Dutton ve Huijbregts, 2006). Bununla birlikte artan N dozları şeker pancarı gövdesindeki depo hücrelerinin büyüklüğünü ve dokulardaki su oranını artırarak şeker varlığını olumsuz etkilemektedir. Christenson ve ark. (1985) yaptıkları çalışmada en yüksek şeker oranının %17.7 ile N uygulanmayan kontrol parsellerinde belirlerken, uygulanan N miktarının 180 kg N ha<sup>-1</sup>'a yükseltilmesi ile şeker oranında %0.5'lik bir azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

B uygulama dozlarının artması ile iki yıl verileri birleştirilerek yapılan varyans analizinde şeker oranının istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $p < 0.05$ ) arttığı gözlenmiştir. En yüksek şeker oranının B uygulamasının en yüksek dozunda (6 kg B ha<sup>-1</sup>) % 15.11 olarak elde edilirken, B dozunun azalması ile %14.62'ye kadar düşmüştür. Mekdad (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, şekerpancarına B uygulaması ile şeker içeriğinin kontrol grubunda %18.4'ten %19.9'a yükseldiği saptanmıştır. Her iki çalışmada B uygulamasının şeker içeriğini artırdığı görülürken, iki çalışmada şeker içeriğindeki farklılıklar ise seçilen tohum çeşidi, iklim ve toprak özelliğinden kaynaklanabilir. Topraklara B uygulaması ile şekerpancarında şeker içeriğinin artması; borun bitkilerde fotosentez kapasitesini artırmaya, şeker metabolizmasının daha fazla asimile edilmesine ve şeker mobilizasyonunu artırmaya bağlanabilir (Shiemshi, 2007; Zewail ve ark., 2020; Nasar ve ark., 2021).

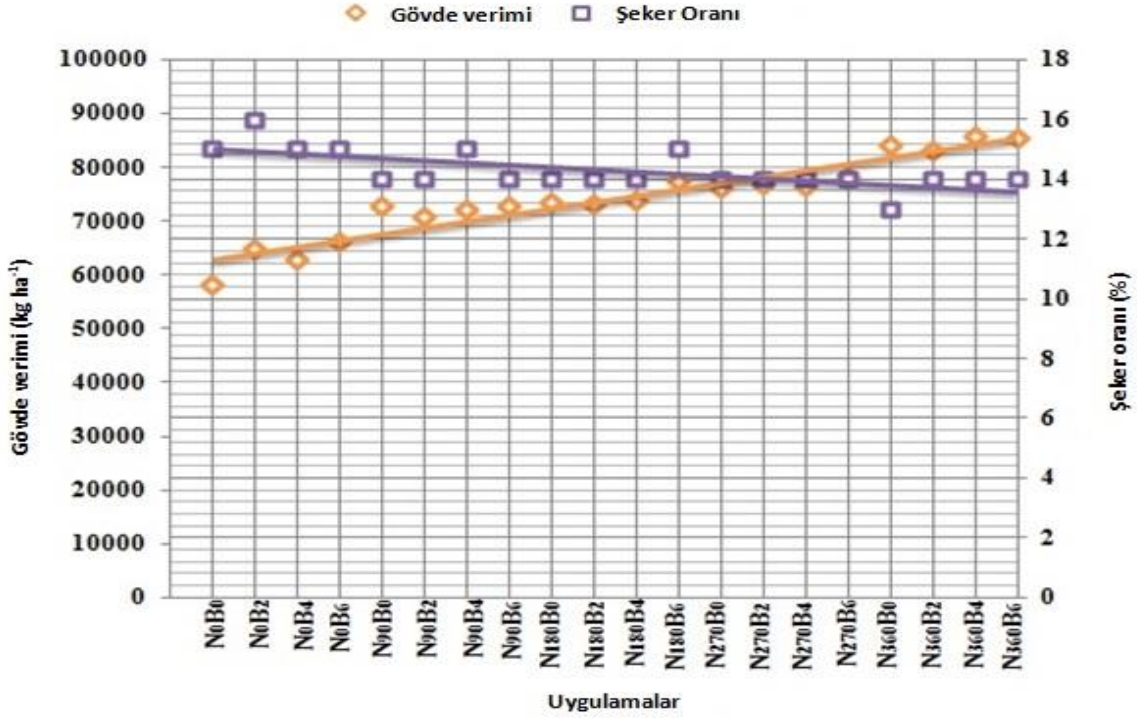
Bu çalışma kapsamında SigmaPlot programı kullanılarak elde edilen kuadratik modelle N uygulama dozları ile şeker verimi ekonomik açıdan değerlendirildiğinde ekonomik optimum N dozunun ortalama 236 kg ha<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır (Bilir ve Saltalı, 2023). Çalışılan bölge için şeker pancarı üretiminde verim ve teknolojik kalite açısından en uygun B dozu 6 kg ha<sup>-1</sup> bulunmuştur. Birinci yıl sonunda 6 kg B ha<sup>-1</sup> uygulamasının yapıldığı parsel topraklarının alınabilir B içeriğinin bitkiler için yeterli düzeyde (ort.:1.21 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Azot ve bor uygulamalarının şeker oranı (%) üzerine etkisi

		N Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )					Ort.	
		N0	N90	N180	N270	N360		
2017	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	15.18±0.67	15.21±1.03	14.99±0.32	14.61±0.91	14.11±0.09	14.82
		B2	16.16±0.84	15.03±0.83	14.40±0.30	14.84±0.91	14.54±0.40	14.99
		B4	15.16±0.84	15.92±1.11	14.72±0.47	14.98±0.34	14.56±0.14	15.06
		B6	15.77±0.90	15.51±0.71	16.25±0.89	14.42±0.05	15.00±0.57	15.39
		Ort.	15.57A**	15.41AB	15.09A-C	14.71BC	14.55C	
2018	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	14.84±0.94	14.70±0.56	14.50±0.99	14.63±1.00	13.45±0.39	14.42
		B2	15.85±0.59	14.66±0.36	14.46±0.53	14.28±0.42	14.46±0.26	14.74
		B4	15.49±0.26	15.01±0.89	14.27±1.09	14.01±0.84	14.68±0.25	14.69
		B6	15.92±0.88	14.24±0.52	15.10±0.37	14.18±0.76	14.76±0.29	14.84
		Ort.	15.52A**	14.65B	14.58B	14.27B	14.34B	
2017-2018	B Dozu (kg ha <sup>-1</sup> )	B0	15.01±0.75a-d	14.95±0.79a-d	14.74±0.71a-d	14.62±0.86a-d	13.78±0.43d	14.62B
		B2	16.00±0.67a	14.85±0.61a-d	14.43±0.38cd	14.56±0.71b-d	14.50±0.31b-d	14.87AB
		B4	15.32±0.58a-c	15.46±1.03a-c	14.49±0.79b-d	14.49±0.78b-d	14.62±0.19a-d	14.88AB
		B6	15.85±0.80ab	14.87±0.89a-d	15.67±0.87a-c	14.30±0.51cd	14.88±0.42a-d	15.11A*
		Ort.	15.54A**	15.03AB	14.83BC	14.49C	14.44C	

\*:0.05, \*\*:0.01





Şekil 2. Şeker pancarına uygulanan N ve B gübrelerinin gövde verimi (kg ha<sup>-1</sup>) ve şeker oranı (%) üzerine etkisi.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada; Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde yaygın olarak yetiştirilen şeker pancarına uygulanan N ve B içeren gübrelerin yaprak verimi, gövde verimi ve şeker oranı gibi kalite parametreleri üzerine etkisi belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, her iki yılda N uygulama dozlarının artmasına bağlı olarak şekerpancarı yaprak verimi ve gövde verimi istatistiksel olarak artmıştır. Azotun uygulama dozlarının artması ile şeker oranı ortalama %15.54'ten %14.44'e kadar azalmış olup bu düşüş istatistiksel olarak önemli olmuştur ( $p < 0.01$ ). B uygulamasının şekerpancarı yaprak verimi üzerine etkisi olmazken, gövde verimi üzerine etkisi hem 2017 yılında ( $p < 0.05$ ) hem de 2017-2018 yılı verileri birleştirilerek yapılan varyans analizinde önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Araştırma sonuçlarına göre, ekonomik ve çevresel açıdan bölgede şekerpancarına 236 kg ha<sup>-1</sup> azotlu gübre uygulaması ve 2-3 yılda bir 6 kg B ha<sup>-1</sup> uygulaması önerilebilir.

**Teşekkür:** Bu çalışma doktora tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır. Doktora tezi KSÜ BAP (proje no: 2017 / 4-22 D) tarafından desteklenmiştir. Destekleri için KSÜ BAP birimine teşekkür ederiz.

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

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

## KAYNAKLAR

- Albayrak, S. ve Yüksel, O. 2010. Effects of nitrogen fertilization and harvest time on root yield and quality of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *crassa* Mansf.). *Turkish Journal of Field Crops*, 15:59-64.
- Allison, L.E. ve Moodie, C.D. 1965. *Carbonate*. Norman A.G. (Ed). A. G. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9.2. ISBN:9780891183747. s.1572.
- Abou Seeda, M.A., Abou El-Nour, E.A.A., Yassen, A.A. ve Hammad, S.A. 2021. Boron, Structure, Functions and Its Interaction with Nutrients in Plant Physiology. A Review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 10(01):117-179.

Anonim. 2020. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, (Erişim Tarihi: 19.07.2021)

- Barlog, P., Nowacka, A. ve Blaszyk, R. 2016. Effect of zinc band application on sugar beet yield quality and nutrient uptake. *Plant, Soil and Environment*, 62, 30-35.
- Berger, K.C. 1949. *Boron in soils and crops*. In *Advances in Agronomy*; Norman, A.G., Ed.; Academic Press: New York, USA, 1:321–351.
- Bilir, B. ve Saltalı, K. 2019. Kahramanmaraş Elbistan-Afşin İlçelerinde Şeker Pancarı ve Ayçiçeği Tarımı Yapılan Toprakların Bazı Besin Elementi Düzeylerinin Belirlenmesi. *Ispen Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi 10-12 Haziran, Siirt*, s. 37-42.
- Bilir, B. ve Saltalı, K. 2023. Effect of nitrogen and boron treatments on harvest index and nitrogen use efficiency in sugar beet. *Journal of Agricultural Sciences*, (Early View), 1-1, doi:10.15832/ankutbd.1197102.
- Canıgeniş, T. 2012. Farklı azot dozlarının N ve NZ tipi şeker pancarı çeşitlerinde yumru verimi ve kalitesi üzerine etkileri. (Tez No:329358) [Yüksek Lisans Tezi Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Cartwright, B., Tiller, K.G., Zarcinas, B.A. ve Spouncer, L.A. 1983. The chemical assessment of the boron status of soils. *Australian Journal of Soil Research*, 21 : 321-332.
- Christenson, D.R., Bricker, C. ve Johnson, R. 1985. Soil fertility and management for the production of sugar beets, navy beans and corn. In: *Saginaw Valley Bean and Beet Research Farm Report*. Michigan State University, East Lansing, Michigan, s. 5-35.
- Çakmak, G., Kurz, H. ve Marschner, H. 1995. Short-term effects of boron, germanium and high light-intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiologia Plantarum*, 95 : 11-18.
- Çakmak, G. ve Römheld, V. 1997. Boron deficiency-induced impairments of cellular function in plants. *Plant and Soil*, 193 : 71-83.
- Çimrin, K.M. 2001. Gübrelemenin şeker Pancarının N,P,K İçeriği ve Alımına Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1) : 5-10.
- Demiralay, G. 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum, 131 s.
- Dordas, C. ve Brown, P.H. 2005. Boron deficiency affects cell viability, phenolic leakage and oxidative burst in rose cell cultures. *Plant and Soil*, 268 : 293-301.
- Durak, A. ve Ulubaş, G. 2017. Bor Gübrelemesinin şeker Pancarında (*Beta vulgaris* L.) Verim Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(7) : 745-749.
- Durak, A. ve Karan, G.U. 2017. Bor Gübrelemesinin şeker Pancarında (*Beta vulgaris* L.) Verim Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(7): 745-749.
- Dutton, J. ve Huijbregts, T. 2006. Root quality and processing. Editör: Draycott, A.P. Sugar beet. ISBN-13: 978-1-4051-1911-5.514s.
- El-Sherief, M., Moustafa, S. ve Neana, S. 2016. Response of Sugar Beet Yield and Quality to Some Micronutrients under Sandy Soil. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 7(2) : 97-106.
- Esen, F. ve Tonbul, S. 2015. Elbistan Havzası'nın İklim Özellikleri, *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 12 (2) : 15-38.
- Franzen, D.W. 2004. Delineating nitrogen management zones in a sugar beet rotation using remote sensing—A review. *Journal of Sugar Beet Research*, 41 : 47-60.
- Gee, G.W. ve Boudier, J.W. 1986. *Particle Size Analysis*. In: A. Clute (Ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part I Agronomy No:9 American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Hellal, F.A., Taalab, A.S. ve Safaa, A.M. 2009. Influence of nitrogen and boron nutrition on nutrient balance and sugar beet yield grown in calcareous soil. *Ozean Journal of Applied Science*, 2:1-10.
- Helmke, P.A. ve Sparks, D.L. 1996. *Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, and Calcium*. In: Sparks D.L. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* s. 551-574.
- İlbaş, A.G., Yıldırım, B., Arslan, B. ve Günel, E. 1996. Farklı Azotlu Gübre Seviyeleri ile şeker Pancarının Verimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi; Doğal ve Ekonomik Optimum Azot Seviyesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1) : 97-113.
- Karamvandi, A. 1997. Effects of optimum fertilizer consumption in increasing sugar beet production at region of Saveh and Karaj. Yüksek Lisans Tezi. Soil Science Department. Tarbiat Modarres University.
- Kashem, M.N., Khaliq, Q.A., Karim, M.A., Karim, A.J. ve Islam, M.R. 2016. Effect Of Nitrogen and Potassium On Growth, Development And Sugar Accumulation In Tropical Sugar Beet. *Pakistan Sugar Journal*, 31(1) : 10-18.
- Kavas, M.F. ve Leblebici, M.J. 2004. Kalite ve İşletme Kontrol Laboratuvarları El Kitabı, Türkiye şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 85-196.
- KMİM, 2020. Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonu Genel Müdürlüğü.
- Korkmaz, A., Özdemir, N., Kızılkaya, R., Gülser, Ç., Sürücü, A., Horuz, A., Aşkın, T. ve Yirmibeşoğlu, B. 2002. Fındık, Ayçiçeği, Şeker Pancarı ve Mısır Bitkilerinde Borlu Gübre Kullanımı Üzerine Araştırmalar, Sonuç Raporu, s.1-20. *Bodenkunde*, 23 : 279-287.

- Lawson, V. 2010. Effect of Boron Fertilizer on Sugar Beet Grown on Fruitfield Sand Soil. Iowa State Research Farm Progress Reports. Iowa State University, s. 373.
- Leilah, A.A, Badawi, M.A, Said, E.M., Ghonema, M.H. ve Abdou, M.A.E 2005. Effect of planting dates, plant population and nitrogen fertilization on sugar beet productivity under the newly reclaimed sandy soils in Egypt. *Sci. J. King Faisal Univ. Basic and Applied Science*, 6 : 95-110.
- Lindsay, W.L. ve Norvell, W.A. 1978. Development of A DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of American Proceeding*, 42 : 421-428.
- Li, J., Wu, L., Foster, R. ve Ruan, Y.L. 2017. Molecular regulation of sucrose catabolism and sugar transport for development, defence and phloem function. *Journal of Integrative Plant Biology*, 59 : 322–335.
- Manh, K. ve Hoffmann, C. 2001. Berechnungsansatz zur Schätzung des Melassezuckeranfalls von qualitativheterogenen Zuckerruben. *Zuckerind*, 126 : 120-128.
- Malnou, C.S., Jaggard, K.W. ve Sparkes, D.L. 2008. Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *European Journal Agronomy* 28 : 47-56.
- Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Edn. Elsevier, Academic Press, ISBN: 9780123849052, USA, s. 672.
- Mekdad, A. A. A. ve Shaaban, A. 2020. Integrative applications of nitrogen, zinc, and boron to nutrients deficient soil improves sugar beet productivity and technological sugar contents under semi-arid conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 43(13) : 1935-1950.
- Milford, G.F.J., Travis, K.Z., Pocock, T.O., Jaggard, K.W. ve Day, W. 1988. Growth and dry matter partitioning in sugar-beet. *The Journal of Agricultural Science* 110 : 301-308.
- Moore, A., Stark, J., Brown, B. ve Hopkins, B. 2009. Southern Idaho Fertilizer Guide Sugar Beets. University of Idaho Extension, Moscow.
- Moran, J.A., Mitchell, A.K., Goodmanson, G., Stockburger, K.A. 2000. Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: A comparison of methods. *Tree Physiology*, 20 : 1113-1120.
- Nasar, J., Khan, W., Khan, M.Z., Gitari, H.I., Gbolayori, J.F., Moussa, A.A., Mandozai, A., Rizwan, N., Anwari, G., Maroof, S.M. 2021. Photosynthetic activities and photosynthetic nitrogen use efficiency of maize crop under different planting patterns and nitrogen fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21 : 2274-2284.
- Nelson, D.W. ve Sommers, L.E. 1996. *Total carbon, organic carbon and organic matter*. In: Sparks, D.L. (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods, ASA and SSSA, Madison, WI, SSSA Book Series 5 : 961-1010.
- Olsen, S.R. ve Sommers, E.L. 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Edit: A.L. Page, P.H. Miller, D.R. Keeney, s. 404-430.
- Pendias, A.K. 2011. Trace elements in soils and plants book. ISBN: 9781420093681, s. 548.
- Pocock, T.O., Milford, G.F.J. ve Armstrong, M.J. 1990. Storage root quality in sugarbeet in relation to nitrogen uptake. *Journal Agricultural Science*, 115 : 355-362.
- Pişkin, A. ve Ünal, A. 2014. Damla Sulama Yöntemi ile Şeker Pancarına (*Beta vulgaris* L.) Verilen Azotun Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45 (1) : 21-29.
- Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in: Sparks DL, Page PA, Helmke RH, Loeppert PN, Soltanpour MA, Tabatabai CT, Johnston ME. Sumner. (Ed.), Methods of Soil Analysis, s. 417-435.
- SASS. 1999. Sas user's guide: Statistic. statistical anal. systems institute inc.
- Shehzad, M.A. ve Maqsood, M. 2015. Integrated Nitrogen and Boron Fertilization Improves the Productivity and Oil Quality of Sunflower Grown In a Calcareous Soil. *Turkish Journal of Field Crops* 20(2) : 213-222.
- Shekhawat, K. ve Shivay, Y.S. 2012. Residual effects of nitrogen sources, sulfur and boron levels on mungbean (*Vignaradiata*) in a sunflower (*Helianthus annuus*) mungbean system. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58: 765-776.
- Shiemshi, D. 2007. Leaf chlorosis and stomatal aperture. *New Phytology*, 166 : 455-461.
- Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil* 1(2) : 121-148.
- Slewiniski, T.L. ve Braun, D.M. 2010. Current perspectives on the regulation of whole plant carbohydrate partitioning. *Plant Science*, 178 : 341-349.
- Singh, G.P., Meena, M.L. ve Parakash, J. 2015. Effect of different levels of nitrogen and cutting on growth, leaf yield and quality of spinach beet (*Beta vulgaris* var. *bengalensis*) cv. All Green. *European Journal of Biotechnology and BioScience*, 6 : 38-42.

- Smit, A.B., Struik, P.C. ve Van Niejenhuis, J.H. 1995. Nitrogen effects in sugar beet growing:a module for decision support. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 43 : 391-408.
- Sulfab, H.A., Bakhit, B.E.M.I., Hagalla, E., Karima, A., Asha, I. ve Marajan, W.A. 2017. Effect of Nitrogen Fertilizer on Growth, Yield and Sucrose Concentration of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Under Saline Soil in El Kadar, Sudan. *Journal of Agriculture and Research*, 3(12) : 5-19.
- Tei, F., Benincasa, P. ve Guiducci, M. 2000. Effect of nitrogen availability on growth and nitrogen uptake in lettuce. *Acta Horticulturae*, 533 : 385-392.
- Tsialtas, J.T. ve Maslaris, N. 2005. Effect of N fertilization rate on sugar yield and non-sugar impurities of sugar beets (*Beta vulgaris*) grown under Mediterranean conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191 : 330-339.
- Yılmaz, C.H. 2020. Kahramanmaraş İli Tarım Alanlarında Toprak Verimlilik Haritalarının Oluşturulması ve Yarayışlı Besin Elementlerinin Ekstraksiyonunda Geleneksel ve Çoklu Elementel Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması. (Tez No:624778) [Doktora Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Zewail, R.M.Y., El-Gmal, I.S., Khaitov, B., El-Desouky, H.S. 2020. Micronutrients through foliar application enhance growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 43(15): 2275-2285.
- Wang, L., Ruan, Y.L. 2016. Shoot root carbon allocation, sugar signaling and their coupling with nitrogen uptake and assimilation). *Functional Plant Biology*, 43 : 105-113.

## Türkiye’de Uygulanan Tarımsal Su Kullanım Hizmet Bedeli Algoritmaları ve Tarifelerinin Değerlendirilmesi

Murat TEKİNER<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale

\*Sorumlu Yazar: [mtekiner@comu.edu.tr](mailto:mtekiner@comu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 28.04.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 10.06.2023 Kabul Tarihi: 11.06.2023

### ÖZ

Suyu en fazla tüketen tarım sektöründe, iletim ve dağıtım kayıplarını en aza indirmek, damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama yöntemlerini azami oranda kullanarak sudan tasarruf sağlamak amacıyla yüzey sulama şebekeleri borulu şebekeye dönüştürülmektedir. Ayrıca dönüştürülen ya da ilk kez inşa edilen borulu şebekelerde, suyun kullanıcılar tarafından bilinçli kullanımını teşvik eden otomasyon destekli sayaç sistemlerini kullanan hacim esaslı ücretlendirme hızla yayılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, ülkemizde uygulanan tarımsal su kullanım hizmet bedeli algoritmaları ve tarifeleri ayrıntılı olarak irdelenmiş ve mevcut durum bölgesel olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda, farklı su kullanıcı teşkilatlarında, alan, bitki-alan, sefer, hacim, zaman esaslı ve diğer olmak üzere altı farklı yöntem uygulandığı tespit edilmiştir. Ayrıca hacim esaslı ücretlendirme başlığı altında hidrant-saat ve sifon-saat, diğer yöntemler başlığı altında ise başlık-adet ve ağaç-adet olmak üzere farklı hesaplama yaklaşımları açıklanmaya çalışılmıştır. 2021 yılında Devlet Su İşleri tarafından sulama birliklerince işletilen sulama tesislerinde asgari değer olarak alınacak su kullanım hizmet bedeli tarifelerinde 5 farklı grupta en düşük ücretin 1. Grupta 17 TL da<sup>-1</sup> ile hububat, anason, haşhaş, nohut, keten, kenevir, jüt, susam, bağ ve aspir bitkilerinde olduğu buna karşın en yüksek ücretin ise 5. Grupta 224 TL da<sup>-1</sup> ile muz bitkisinde olduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Su kullanıcı teşkilatları, sulama birlikleri, sulama suyu ücret tarifesi, su ücreti yöntemleri

### Evaluation of Agricultural Water Use Service Fee Algorithms and Tariffs in Turkey

#### ABSTRACT

In the agricultural sector, which consumes the most water, surface irrigation networks are being converted into piped networks to minimize conveyance and distribution losses and to save water by maximizing the use of pressurized irrigation methods such as drip and sprinkler irrigation. In addition, in converted or newly constructed piped networks, volume-based pricing using automated meter systems that encourage the conscious use of water by water users is spreading rapidly. In this study, agricultural water use service charge algorithms and tariffs applied in Türkiye were examined in detail and the current situation was evaluated regionally. As a result of the research, it was determined that six different methods are applied in different water user organizations: area, plant-area, time, volume, time-based and other methods. In addition, different calculation approaches, such as hydrant-hour and siphon-hour under the title of volume-based pricing and sprinkler head-number and tree-number under the title of other methods were tried to be explained. In 2021, it was determined that in 5 different groups in the water usage service fee tariffs to be taken as the minimum value in irrigation facilities operated by irrigation association by State Hydraulic Works, the lowest fee was 17 TL in Group 1 for cereals, anise, poppy, chickpea, flax, hemp, jute, sesame, vineyard and safflower plants, while the highest fee was 224 TL in Group 5 for banana plants.

**Key words:** Water user organizations, irrigation associations, irrigation water fee tariff, water fee methods

## GİRİŞ

Geçtiğimiz birkaç yılda tüm dünyada önemli bir gündem oluşturan salgının ve özellikle iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri su yönetimini ve sürdürülebilirliğini en önemli alt başlık haline getirmiştir. Dünya genelinde gerek ulusal gerekse uluslararası kuruluşlar, imkânlarını zorlayarak suyun etkin kullanımı ile ilgili projelere destek vermeye çalışmaktadırlar. Afrika Birliği Komisyonunun 2014 Malabo Deklarasyonunda, Afrika'da tarıma dayalı hızlandırılmış büyüme ve kalkınmayı desteklemek için sulu tarıma yapılan yatırımların %3.5'ten %7'ye çıkarılması taahhüt edilmiştir (Nhemachena vd. 2018). ABD Uluslararası yardım kuruluşu Millennium Challenge Corporation, Nijerya Hükümeti'ne sulama yatırımı amaçlı 437 Milyon ABD Doları hibe etmiştir (Merrey ve Sally, 2017). Ülkemizde ise Tarım ve Orman Bakanlığı son üç yılda 41 Milyar TL yatırım ile su yönetimiyle ilgili toplam 1 000 tesisi hizmete açmıştır (TOB, 2022).

Su yönetimi, suyu tüm paydaşlara, su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirlik ilkelerini göz önüne alarak istenen zamanda, istenen miktar ve kalitede, istenen süreyle tahsisini bütüncül bir yaklaşımla kontrollü ve adil bir şekilde sağlayan yönetim biçimidir. Sulama yönetimi (tarımsal su yönetimi) ise bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun, doğal yollarla karşılanamayan kısmının ilgili tüm faktörlerin göz önüne alınarak bitki kök bölgesine gereken zaman ve miktarda kontrollü bir şekilde verilmesi ve kaynaktan bitki kök bölgesine kadar olan bu sürecin her aşamasında izleme-değerlendirme sistemini kullanarak sulama sistem performansının belirlenmesi, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için gerekli tüm faaliyetler olarak tanımlanabilir.

Ülkemizde su ve sulama yönetimi ile sulama projelerinin planlanması, projelendirilmesi, inşası ve işletilmesi konularında farklı kurum ve kuruluşlar yetki sahibidir. Ülkemizde bu konuda en önemli kuruluşlardan biri hiç kuşkusuz 1951 yılında kurulan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'dür (DSİ). Ancak DSİ dışındaki kamu tarafından gerçekleştirilen sulama projeleri incelendiğinde, Mülga Topraksu Genel Müdürlüğü (1970-1980) ve Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (1985-2005) tarafından debisi 500 l/sn<sup>-1</sup> ve altındaki tesisler hayata geçirilmiştir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün kaldırılması ve bazı kanunlarda yapılan değişiklikler sonrasında, sulama projeleri büyükşehir belediyeleri veya il özel idareleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, sulu tarım alanlarındaki verimliliğin artırılması, doğru sulama tekniklerinin kullanılması ve toprak kaynaklarının korunması görevleri de Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir (Anonim, 2021).

Bu kurumların dışında Kalkınma Bakanlığına bağlı Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlıkları da (Doğu Anadolu Projesi, Doğu Karadeniz Projesi vb.) kırsal alanlardaki üretimi artırmak ve sürdürülebilirliğini tesis etmek amacıyla özellikle küçük sulama projelerinin tesis edilmesini ve eski sulama projelerinin rehabilitasyonlarını finanse etmektedir.

Bu kurumlar, sulu tarım alanlarında su kayıplarını azaltmak ve basınçlı sulama yöntemleri kullanarak su tasarrufu sağlamak için yeni sulama projeleri gerçekleştirmekte ve yüzey sulama şebekelerini borulu şebekeye dönüştürmektedirler.

Ayrıca günümüzde projelendirilen borulu şebekelerde, su kullanıcıların suyu tasarruflu kullanımını teşvik etmek, sisteme giren su miktarını belirleyerek suyun adil kullanımını sağlamak ve su kullanım hizmet bedellerinin (sulama suyu ücretlerinin) tam olarak zamanında tahsil edebilmek gibi hedeflere ulaşmak için elektronik sayaçlı sistemlerle hacim esaslı ücretlendirme çokça tercih edilmektedir. Buna karşın daha önce inşa edilmiş yüzey sulama şebekelerinde hala sulama suyu miktarını dikkate almayan esaslı tarifeler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ülkemizde faaliyet gösteren su kullanıcı teşkilatları (sulama birlikleri, sulama kooperatifleri, belediyeler, köy tüzel kişilikleri ve diğer) sınıflandırılmış ve buralarda uygulanan sulama suyu ücreti hesaplama algoritmaları ile tarifeleri ayrıntılı olarak irdelenmiş ve bu konudaki mevcut durum bölgesel olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Ülkemizde faaliyet gösteren su kullanıcı teşkilatları ile yapılan birebir görüşmeler, yüz yüze yapılan anketler, teşkilatların veri kayıtları, çeşitli DSİ kaynakları ile bu konudaki ulusal literatürler bu çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Adı geçen kaynaklar taranarak öncelikle ülkemizde faaliyet gösteren bütün su kullanıcı teşkilatları, hukuki yapısı ve teknik özellikleri ile tanıtılmıştır. Akabinde su kullanıcı teşkilatlarında uygulanmakta olan sulama suyu ücreti hesaplama yöntemleri, çizelgeler oluşturularak biri çok yıllık biri de tek yıllık bitki olmak üzere iki bitkinin sulama suyu ücretlerinin nasıl hesaplandığı ve tahakkuk ettirildiği tablo halinde örnek hesaplamalarla gösterilmiş ve ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Ülkemizde faaliyet gösteren su kullanıcı teşkilatlarında uygulanan ancak bugüne kadar bu kadar farklı ve bu kadar ayrıntılı olarak bir bütün halinde hiçbir literatürde yer almayan su kullanım hizmet bedeli algoritmaları paylaşılmıştır.

Ayrıca, DSİ tarafından işletmeye açılan ve hem kendi işlettiği hem de sulama birliklerine devrettiği sulama şebekelerindeki sulama suyu ücret tarifelerinin asgari miktarları kanuna göre DSİ tarafından tespit

edilmektedir. Bu tarifeleri gösteren çizelgede, bitki çeşidine ve sulama suyu miktarına göre belirlenmiş ücretlerin istatistiksel olarak en küçük, en büyük ve ortalama değerleri beş farklı gruba ve DSİ bölgelerine göre sınıflandırılarak değerlendirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Türkiye’de Faaliyet Gösteren Su Kullanıcı Teşkilatları

Ülkemizde mevcut sulama şebekelerinin işletilmesi, bakım-onarımı ve yönetimi farklı üç model ile yürütülmektedir. Bu modeller; Devlet sulama işletmeciliği, katılımcı yönetim sulama işletmeciliği ve kamu-özel sektör sulama işletmeciliği olarak nitelendirilmektedir. 2022 yılı itibarıyla; DSİ’ce inşa edilerek işletmeye açılan toplam 3 124 adet sulama tesisinin 1 382 adedi çeşitli kurum ve kuruluşlara devredilmiştir. 2022 yılı sonu itibarıyla DSİ’ce inşa edilerek işletmeye açılan 3 564 444 ha net sulama alanının %4.76’sı (169 763 ha) DSİ’ce devlet sulama işletmeciliği modeli ile geri kalan alan (3 394 681 ha) ise katılımcı yönetim sulama işletmeciliği modeli ile işletilmiştir (Anonim, 2023). DSİ, 2008 ve 2009 yıllarında Manyas ve Ödemiş-Beydağ sulama projelerinde Kamu-Özel sektör işbirliği sulama işletmeciliği modelinin uygulanması için girişimde bulunmuş ancak çeşitli nedenlerle bu işletme şekli gerçekleşmemiştir (Anonim, 2021).

DSİ aracılığıyla sulamaya açılan alanlarda şebekelerin kullanımı ile ilgili bütün sorumluluklar, DSİ veya devralan kuruluşlarca yerine getirilmektedir. Bu sorumlulukların devri ile ilgili hüküm, 4 nolu "Bakanlıklara Bağlı, İlgili İlişkili Kurum ve Kuruluş ile Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi"nin 121. maddesinin (i) fıkrasında "tesisleri hakiki ve hükmi şahıslara devretmek üzere Bakanlığa teklifte bulunmak" olarak ifade edilmiştir (Mevzuat, 2023).

Sulama tesislerinin işletme, bakım ve yönetim sorumluluğunu katılımcı sulama yönetimi mantığı ile üstlenen su kullanıcı teşkilatlarını, sulama birlikleri, sulama kooperatifleri, belediyeler, köy tüzel kişilikleri, üniversiteler ve bazı tarımsal kooperatifler oluşturmaktadır. Ocak 2021 itibarıyla işletme, bakım ve yönetim sorumluluğu devredilen sulama tesisleri ve bu tesisleri devralan su kullanıcı teşkilatlarının durumu Çizelge 1’de verilmiştir (Anonim, 2022).

Çizelge 1. Sulama Tesisleri Devir Durumu

Su Kullanıcı Teşkilatlar	Teşkilat Sayısı		Devredilen Alan	
	Adet	(%)	(ha)	(%)
Sulama Birliği	183	20.9	2 303 584	84.9
Kooperatif	332	37.9	161 543	6.0
Belediye	156	17.8	163 950	6.0
Köy Tüzel Kişiliği	183	20.9	35 920	1.3
Diğer	22	2.5	49 030	1.8
<b>Toplam</b>	<b>876</b>	<b>100.0</b>	<b>2 714 027</b>	<b>100.0</b>

Sulama şebekelerinin sorumluluğunun devredildiği su kullanıcı teşkilatları incelendiğinde;

Sulama birlikleri, sulama şebekelerinin işletme, bakım-onarım ve yönetim sorumluluğunu, başta Sulama Birlikleri Kanunu olmak üzere Çerçeve Ana Statü ve Devir Sözleşmesindeki hükümleri uygulamakla sorumlu, kamu tüzel kişiliği niteliğindeki su kullanıcı teşkilatlarıdır. Birlikler sulama şebekelerinin işletme, bakım ve yönetimini, 22.03.2011 tarihinde yürürlüğe giren 6172 sayılı Sulama Birlikleri Kanunu’ndan önce 2005 yılına kadar 1580 Sayılı Belediye Kanunu ile 2005-2011 yılları arasında ise 5355 Sayılı Mahalli İdareler Kanunu’na göre yürütmüşlerdir. Daha sonra 2018 yılında 6172 Sayılı Sulama Birlikleri Kanunu’nda yapılan bazı değişiklikler ile 2019 sonunda birleşme öncesi, sorumluluğunda 1 000 hektarın altında sulama alanı bulunan 47 adet sulama birliği birleşme sonrasında 8’e, şebeke alanı 1 000 ha ile 2 500 ha arasında olan sulama birliği sayısı ise birleşme sonrasında 82’den 22’ye düşmüştür. Bu değişiklik öncesinde şebeke alanı olarak 40 000 hektar ve üzeri büyüklükte sulama birliği bulunmazken bugün 4 sulama birliği vardır (Anonim, 2020). Dolayısıyla Ocak 2021 itibarıyla toplam 2 303 584 ha net sulama alanına sahip toplam 183 adet sulama birliği mevcuttur (Anonim, 2022). Çizelge 1’den de görüldüğü gibi devredilen alanların en büyük bölümü %84.9 ile sulama birlikleri tarafından işletilmektedir.

Sulama kooperatifleri, 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu ile Sulama Kooperatifleri Sözleşmesinde belirtilen esaslara göre su iletim ve dağıtım hizmetlerini yürütmektedirler. İdari yönetim bakımından sulamakla sorumlu olduğu alanın bir yerleşim biriminde bulunduğu, sulama alanları küçük olan ve dolayısıyla da sulama suyu ihtiyaçları az olan sulama şebekeleri genellikle sulama kooperatiflerine devredilmektedir. Sulama Kooperatiflerinin kuruluşları ve tüm (teknik, idari ve mali) denetimleri Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Ülkemizde bulunan sulama kooperatiflerinin sayısı sıklıkla değişmektedir ancak Tarım ve Orman

Bakanlığı kayıtlarında 2 447 adet sulama kooperatifinin ve bunlardaki ortak sayısının da 300 000 kişi civarında olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2021).

Belediyeler, sorumluluk alanında yaşayanların mahallî olarak ortak özellikli ihtiyaçlarını sağlamak üzere kurulmuş, karar organları belde sakinleri tarafından seçilen, yönetim ve ekonomik açıdan özerk olan kamu tüzel kişiliğine sahip ve 2005 yılında yürürlüğe giren 5393 sayılı Belediyeler Kanunu'na göre yönetilen kuruluşlardır. Bu kurumlar, tarımsal arazilerin sulu tarım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan her türlü sulama şebekesinin etüt, planlama, proje ve inşaatlarının yapılması ya da yaptırılması, işletilmesi ya da işlettilmesinden sorumlu tutulmaktadır (Anonim, 2021).

Köy Tüzel Kişilikleri ise muhtar ve köy ihtiyar meclisi tarafından yönetilen en küçük mahalli idare birimleridir. Mahalli idarelerin en eskisi olan kamu tüzel kişiliğine sahip bu birimler, yerleşik nüfusunun müşterek özellikteki ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kurulan, yöneticilerinin sakinlerince seçildiği, okul, mera, yayla vb. ortak hizmet alanları bulunan, sakinlerinin genellikle toplu ve/veya dağınık olarak müstakil ve bahçeli yapılarda birlikte yaşadıkları yerleşim yerleri olarak bilinmektedir. Köyler, 5442 sayılı İl İdare Kanununa göre nüfusu 2 000'den az olan yerleşimler olarak bucak ve kasabalara bağlıdır. Çeşitli kamu kurum ve kuruluşları aracılığıyla tesis edilen küçük alanlı sulama tesislerindeki suyun iletim ve dağıtım sorumluluğu Köy Tüzel Kişiliklerine verilmektedir (Anonim, 2021).

Üniversiteler, bilimsel özerkliğe ve kamu tüzel kişiliğine sahip yüksek düzeyde bilimsel araştırma, eğitim-öğretim, yayın ve danışmanlık yapan, fakülte, enstitü, yüksekokul gibi çeşitli birimlerden oluşan ve 2547 Sayılı Yüksek Öğretim Kanunu'na göre yönetilen yükseköğretim kurumlarıdır. Üniversiteler bünyesindeki tarımsal araştırma çiftliklerinde bulunan ve DSİ tarafından sulamaya açılmış alanlardaki suyun iletim ve dağıtımını Ziraat Fakültelerinin ya da Rektörlüğün ilgili birimlerince yürütülmektedir. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait araştırma alanındaki 1 000 da alanının sulamasını gerçekleştiren tesisin işletme, bakım ve yönetimi Uludağ Üniversitesi tarafından yürütülmektedir (BUÜ, 2022).

Diğer Kooperatifler, Tarım Kredi Kooperatifleri, Tarım Satış Kooperatifleri ve Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri gibi sulama kooperatifleri dışındaki kooperatiflerin, yukarıda açıklanan diğer teşkilatların kurulumadığı küçük sulama şebekelerinin işletme, bakım ve yönetim sorumluluğunu üstlenen kuruluşlardır.

### Su Kullanım Hizmet Bedeli Hesaplama Yöntemleri

Ülkemizde faaliyet gösteren sulama şebekelerinde, sulama suyu ücretleri oldukça farklı yaklaşımlarla belirlenmektedir. Çakmak ve Avcı (2017), sulama suyu ücretlendirmelerinin hacimsel, sabit ve girdi-çıkıtı ücretlendirme olarak üç ana grup olarak sınıflandırılabilirliğini ve ülkemizde bu yöntemlerden yaygın olarak ürüne dayalı birim alan esaslı (sabit) ücretlendirmenin kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmadaki yaklaşımlara ait algoritmalar, bugüne kadar gerçekleştirilen araştırmalar ve yapılan yüz yüze görüşmeler sonucunda tespit edilmiş ve aşağıdaki çizelgelerde ayrıntılı olarak örneklendirilmiştir.

### Alan esaslı hesaplama

Sadece beyan edilen sulanacak alanın dikkate alındığı buna karşın uygulanan su miktarının ve yetiştirilen bitkinin dikkate alınmadığı bir algoritmadır. Bu hesaplama yaklaşımında, sulama sezonu boyunca bir kere olmak üzere her bir dekar sulanan alan için ücret TL olarak hesaplanır ve birimi TL da<sup>-1</sup> olarak kullanılır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Örnek Sulama Birliği-2010

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulanan Alan (da)	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
					Parsel	Toplam
Alan	15	TL da <sup>-1</sup>	Hububat	10	150	450
	15	TL da <sup>-1</sup>	Meyve	20	300	

Örneğin, örnek sulama birliğinin sulama suyu ücreti tarifesini o yıl için 15 TL da<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiş olsun. Su kullanıcıya ait 10 da hububat ve 20 da meyve bahçesi varsa tahakkuk eden sulama suyu ücreti (10 da x 15 TL + 20 da x 15 TL) toplam 450 TL olacaktır.

### Bitki-alan esaslı hesaplama

Alan esaslı hesaplama tek farkı bitki çeşidinin dikkate alınarak hesaplanmasıdır. Hesabı sulanan bitki grubuna göre değişmekte ve birimi TL da<sup>-1</sup> olarak kullanılmaktadır (Çizelge 3).



Çizelge 3. Örnek Sulama Birliği-2010

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulanan Alan (da)	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
					Parsel	Toplam
Alan	7	TL da <sup>-1</sup>	Hububat	10	70	570
	25	TL da <sup>-1</sup>	Meyve	20	500	

Örneğin, örnek sulama birliğinin sulama suyu ücreti tarifesi o yıl için hububat grubu bitkiler için 7 TL da<sup>-1</sup>, Meyveler için de 25 TL da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş olsun. Su kullanıcıya ait 10 da hububat ve 20 da meyve bahçesi varsa tahakkuk eden sulama suyu ücreti (7 TL x 10 da + 25 TL x 20 da) toplam 570 TL olacaktır.

#### Sefer esaslı hesaplama

Sulama sezonu içerisinde aynı parselde yapılan sulama sayısına göre belirlenen bu yöntemde hem alan esaslı hem de bitki-alan esaslı bir algoritma dikkate alınmaktadır. Sulama dönemi boyunca yapılan sulama sayısına göre TL da<sup>-1</sup> olarak hesaplanmaktadır (Çizelge 4 ve 5).

Çizelge 4. Örnek Sulama Birliği-2010

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulama adedi	Sulanan Alan (da)	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
						Parsel	Toplam
Sefer (Alan)	8	TL da <sup>-1</sup> ad. <sup>-1</sup>	Hububat	3	10	240	1 040
	8	TL da <sup>-1</sup> ad. <sup>-1</sup>	Meyve	5	20	800	

Örneğin, Çizelge 4'te, örnek sulama birliğinin sulama suyu ücreti tarifesi 2010 yılında bütün bitkiler için 8 TL da<sup>-1</sup> olarak uygulanmış olsun. Su kullanıcıya ait 10 da hububat ve 20 da meyve bahçesi için tahakkuk eden sulama suyu ücreti (8 TL x 10 da x 3 ad. + 8 TL x 20 da x 5 ad.) toplam 1 040 TL olacaktır.

Çizelge 5. Örnek Köy Tüzel Kişiliği-2010

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulama adedi	Sulanan Alan (da)	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
						Parsel	Toplam
Sefer (Bitki-Alan)	2.30	TL da <sup>-1</sup> ad. <sup>-1</sup>	Hububat	3	10	69	609
	5.40	TL da <sup>-1</sup> ad. <sup>-1</sup>	Meyve	5	20	540	

Örneğin, Çizelge 5'te örnek köy tüzel kişiliğinin sulama suyu ücreti tarifesi 2010 yılında hububat grubu bitkiler için 2.30 TL da<sup>-1</sup> ad.<sup>-1</sup>, meyve grubu bitkiler için 5.40 TL da<sup>-1</sup> ad.<sup>-1</sup> olarak kararlaştırılmış olsun. Su kullanıcı 10 da hububat tarlasını 3 kez ve 20 da meyve bahçesini de 5 kez sulamış olsun, bu koşulda bu sulama sezonunda su kullanıcıya tahakkuk eden sulama suyu ücreti (2.30 TL x 10 da x 3 ad. + 5.40 TL x 20 da x 5 ad.) toplam 609 TL olacaktır.

#### Hacim esaslı hesaplama

Fiilen kullanılan sulama suyu miktarına göre belirlenen bir algoritmadır. Ücretlendirme TL m<sup>-3</sup> olarak uygulanmaktadır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Örnek Sulama Birliği-2018

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulanan Alan (da)	Sulama Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> )	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
						Parsel	Toplam
Hacim	0.20	TL m <sup>-3</sup>	Hububat	10	3 000	600	3 000
	0.20	TL m <sup>-3</sup>	Meyve	20	12 000	2 400	

Örneğin, örnek sulama birliğinin sulama suyu ücreti tarifesi 2018 yılında 0.20 TL m<sup>-3</sup> olarak tespit edilmiş olsun. Sulama sezonunda su kullanıcıya ait 10 da hububat tarlasında 3 000 m<sup>3</sup> ve 20 da meyve bahçesinde ise

12 000 m<sup>3</sup> su kullanılmış olsun. Bu durumda tahakkuk eden sulama suyu ücreti (0.20 TL x 3 000 m<sup>3</sup> + 0.20 TL x 12 000 m<sup>3</sup>) toplam 3 000 TL olacaktır.

### Zaman esaslı hesaplama

Sulama miktarından hareketle sulama süresini dikkate alan bu yöntemde ücretlendirme TL saat<sup>-1</sup> olarak uygulanmaktadır. Sulama sahasındaki hidrantlardan (almaçlardan) sulama yapılan süreye göre (hidrant-saat) ve belli debiye sahip sifonların sayısı ile sulama yapılan süreye göre (sifon-saat) iki farklı hesaplama yapılabilmektedir (Çizelge 7-8).

Çizelge 7. Örnek Sulama Kooperatifi-2015

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulanan Alan (da)	Sulama Süresi (saat)	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
						Parsel	Toplam
Zaman (Hidrant-Saat)	15	TL saat <sup>-1</sup>	Hububat	10	18	270	870
	15	TL saat <sup>-1</sup>	Meyve	20	40	600	

Örneğin, örnek sulama kooperatifinin 2015 yılındaki sulama suyu ücreti 15 TL saat<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş olsun. Sulama sezonu boyunca bütün alanda aynı debiye sahip olduğu kabul edilen almaçlardan su kullanıcıya ait 10 da hububat tarlası toplam 18 saat ve 20 da meyve bahçesi toplam 40 saat sulandığı tespit edilmiş olsun. Bu duruma göre bu su kullanıcıya tahakkuk eden sulama suyu ücreti (15 TL x 18 saat + 15 TL x 40 saat) toplam 870 TL olacaktır.

Zaman esaslı hesaplama yönteminin yüzey sulama sistemlerinde (açık kanallı şebekelerde) kullanılan çeşidi sifon-saat yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde çiftçi, 4", 5" ve 6" lik sifonlar ile sırasıyla saniyede 10, 12.5 ve 15 L sulama suyunu kanal ya da kanaletten kendi tarla başı kanalına oradan da farklı sulama yöntemlerini kullanarak bitki kök bölgesine uygulamaktadır. Her sulamada, hangi çaptaki sifondan kaç adet kullanılmışsa sifon çapına ve belirlenen saat ücretine göre kaç saat sulama yapılmışsa o kadar ücret, su kullanıcı tarafından tahsil edilmektedir.

Çizelge 8. Örnek Sulama Birliği-2015

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulanan Alan (da)	Kullanılan Sifon Sayısı	Sulama Süresi (saat)	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
							Parsel	Toplam
Zaman (Sifon-Saat)	9.48	TL saat <sup>-1</sup> sifon <sup>-1</sup>	Hububat	10	2	9	171	782
	6.79	TL saat <sup>-1</sup> sifon <sup>-1</sup>	Meyve	20	3	30	611	

Örneğin, örnek sulama birliğinin 2015 yılı sulama suyu ücretleri 4" için 4.75 TL saat<sup>-1</sup>, 5" için 6.79 TL saat<sup>-1</sup> ve 6" için 9.48 TL saat<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş olsun. Su kullanıcıya ait 10 da hububat tarlası 6"lik 2 adet sifonla toplam 9 saat ve 20 da meyve bahçesi 5"lik 3 adet sifonla toplam 30 saat sulanmış kabul edildiğinde su kullanıcıya tahakkuk eden sulama suyu ücreti (9.48 TL x 2 ad. x 9 saat + 6.79 TL x 3 ad. x 30 saat) toplam 782 TL olacaktır.

### Diğer Hesaplama Yöntemleri

Bu yöntemler genellikle su kaynağı yeraltı suyu olan sulama şebekelerini işleten sulama kooperatiflerinde kullanılmaktadır. Uygulandıkları bölgeye göre farklılıklar göstermekle birlikte bu yöntemlerde sulama suyu ücretleri, benzer debideki yağmurlayıcı başlık sayısı ve sulama yapılan süreye göre (başlık-adet) ya da benzer damlatıcı debisi ve damlatıcı aralığı ile sulanan meyve ağaçlarında ağaç sayısına göre (ağaç-adet) hesaplanmaktadır (Çizelge 9). Her iki algoritmada da her sulamada, bitki çeşidine göre değişen sabit sulama süreleri kabul edilmektedir. Örneğin, Ankara'daki bir sulama kooperatifinde pancar için her sulamada 11 saat, her türlü meyve bahçesinin ise 4 saat sulandığı kabul edilerek tahakkuk eden sulama suyu ücreti sezonluk olarak tespit edilmektedir. Sulama sezonunda yapılacak sulama sayısı bitkiye göre değişiklik göstermekte ve kooperatif yönetimi tarafından belirlenmekte ve her su kullanıcı belirlenen sayıda sulama yapmaktadır.

Örnek olarak Çizelge 9'da, 10 da hububat parselinin sulanmasında 11 saat boyunca 30 adet yağmurlama başlığı, 20 da meyve bahçesinin sulanmasında ise 4 saat boyunca 800 adet ağaç sulandığı kabul edildiğinde bu su kullanıcıya ilgili sulama sezonunda hububat parseli ve meyve bahçesi için (15 TL x 30 adet + 1.5 TL x 800 adet) toplam 1 650 TL tahakkuk edecektir.

Çizelge 9. Örnek Sulama Kooperatifi-2021

Hesaplama Yöntemi	Tarife Miktarı	Tarife Birimi	Bitki	Sulanan Alan (da)	Hesaplanan Değer	Tahakkuk Eden Ücret (TL)	
						Parsel	Toplam
Zaman (Başlık-Adet)	15	TL ad. <sup>-1</sup>	Hububat	10	30 ad. Yağmurlama Başlığı	450	1 650
Zaman (Ağaç-Adet)	1.5	TL ad. <sup>-1</sup>	Meyve	20	800 ad. Ağaç	1 200	

Yukarıda ayrıntılı bir şekilde açıklandığı gibi su kullanıcı teşkilatlarında sulama suyu ücretleri, tespit edilen altı farklı yöntem ile su kullanıcılara tahakkuk ettirilmektedir. Alan, bitki-alan ve sefer esaslı hesaplama yöntemleri çoğunlukla yüzey sulama şebekelerinde tercih edilirken, hacim ve zaman esaslı hesaplama yöntemleri ise kapalı şebekelerde daha çok uygulanmaktadır. Diğer yöntemler (başlık-adet, ağaç-adet) ise özellikle YAS sulama şebekelerinde kabul görmekte ve sulama sezonundan sonra hesaplanarak tahakkuk ettirilmektedir.

Zaman esaslı hesaplama yönteminde her ne kadar kullanılan su miktarı dikkate alınıyormuş gibi düşünülse de özellikle hidrant-saat yönteminde kullanılan hidrant çapı ve sulama süresi aynı olmasına karşın farklı miktarda su kullanımı söz konusu olabilmektedir. Hidrant-saat yönteminin kullanıldığı birçok şebekedeki su kullanıcılar, bu konuda adil bir su dağıtımının olmadığını dile getirmektedirler (Anonim, 2016).

Hacim esaslı hesaplama yönteminin kullanıldığı şebekelerde ise özellikle ön ödemeli sayaçların tercih edilmesi birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Bu sayaçların bulunduğu şebekelerde hem su ücreti toplama performansı istenildiği gibi %100'e kadar çıkarılabilmekte hem de su kullanıcıların sulama suyunu israf etmeden daha bilinçli bir şekilde kullanmasını teşvik edebilmektedir. Ayrıca bu sayaçların kullanımı ile adil ve eşit su dağıtımı sağlanarak suyu yönetenler ile su kullanıcılar arasındaki iletişim güçlenebilmektedir.

#### Tarımsal Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri

Ülkemizde sıklıkla su ücreti, sulama suyu ücreti olarak adlandırılan su kullanım hizmet bedelinin sulama suyunun bedeli olmadığı, kullanılacak sulama suyunun kaynaktan tarla başına kadar iletim ve dağıtım hizmetinin bir karşılığı olarak tahakkuk ettirildiği 6172 Sayılı Sulama Birlikleri Kanununda net bir şekilde belirtilmiş ve tarifesinin de tanımı yapılmıştır. Bu kanunda; su kullanıcılarına suyun ulaştırılması, birliğin tüzel kişilik kazanmasından önce görev alanı içinde açılmış olan yeraltı suyu kuyuları ile yapılanlar da dâhil olmak üzere sulamadan dönen fazla suyun uzaklaştırılması, birliğin sorumluluğundaki sulama tesisinin mütemmim cüzü olan servis yolları için birlikçe yapılan yönetim, bakım ve onarım, yatırım geri ödeme, finansman, personel, mal ve hizmet alım ve enerji kullanım giderleri gibi her türlü gideri karşılayacak şekilde, sulama birliklerince su kullanım hizmet bedellerinin belirlenmesinde asgari değer olarak alınan ve Bakan tarafından onaylanan tarife olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2021).

Sulama Birlikleri, diğer konularda olduğu gibi sulama suyu ücretinin belirlenmesinde de diğer su kullanıcı teşkilatlarının uygulamalarından farklılıklar göstermektedir. Ancak ülkemizdeki sulama suyunun iletim ve dağıtımından sorumlu kurum ve kuruluşlarının büyük bir kısmı mali açıdan Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın sorumluluğu altındadır ve her yıl valilik tarafından oluşturulan bir komisyon tarafından denetime tabii tutulmaktadır. Mali konular dışında teknik ve fiziki bakımdan DSİ tarafından kullanıma sunulmuş sulama şebekelerinin tamamının sorumluluğu DSİ'deyken geri kalan sulama tesislerinin teknik ve fiziki sorumluluğu Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nde toplanmıştır. Fakat her yıl düzenli olarak yapılan teknik ve fiziki denetlemeler DSİ tarafından gerçekleştirilirken Tarım Reformu Genel Müdürlüğü bu denetimleri sadece şikâyetlere dayalı olarak gerçekleştirmektedir.

DSİ, gerek kendi işlettiği sulama tesisleri için gerekse sulama birliklerine devredilen tesisler için su kullanım hizmet bedeli tarifelerini belirler. DSİ'ce işletilen tesislerdeki tarifeler Cumhurbaşkanlığı onayı ile kesinleşmektedir. Ancak, sulama ve diğer kooperatifler, belediyeler, il özel idareleri, köy tüzel kişilikleri ve diğer kurum ve kuruluşlar tarafından işletilen sulama tesislerinde, sulama suyu ücreti tarifeleri bu kurum ve kuruluşların yönetimleri tarafından kuruluş tüzüklerine uygun olarak tespit edilmektedir.

#### DSİ'ce İşletilen Sulama Tesislerinde Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri

Sulama suyunun iletim ve dağıtımının DSİ tarafından yapıldığı şebekelerde su kullanım hizmet bedeli olarak tahsil edilen sulama suyu ücretleri, DSİ'nin kuruluş kanununun (6200 sayılı) 26, 28 ve 29. maddelerine uygun olarak hazırlanmaktadır. Tarifeler, Cumhurbaşkanlığı makamının onayı ile Resmi Gazete'de ilan edilerek yürürlüğe girmektedir. Kanunun 26. ve 28. maddeleri, ücret tarifelerinin, geçmiş yılda gerçekleşen işletme-bakım-onarım masraflarına, tarifelin kullanılacağı yıl içerisinde sulanması beklenen alanlar ve bu alanlardaki bitki

desenine ve bitki su ihtiyacına göre tespit edilmektedir. Tespit edilen bu sulama suyu ücreti tarifeleri, alan esaslı ve hacim esaslı tarifeler şeklinde hazırlanmaktadır. Yine bu kanundaki 29. maddede; Cumhurbaşkanlığı makamına tespit edilen bu tarifelerde indirim yapma yetkisi de vermektedir (Anonim, 2021).

### Sulama Birlikleri Kontrolündeki Sulama Şebekelerinde Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri

Sulama birlikleri tarafından sulanan alanlarda uygulanacak sulama suyu ücreti tarifeleri, 6172 sayılı Sulama Birlikleri Kanununa göre tespit edilmektedir. Kanundaki 2. maddenin 1. fıkrasındaki (j) bendi ile 9. maddedeki 3. fıkranın (c) bendi, yıllık sulama suyu ücret tarifelerini sulama birlik başkanının, Bakan onayıyla belirlenen asgari su kullanım hizmet bedeli tarifesi az olmamak üzere kararlaştırabileceğini öngörmektedir. Bakan onayıyla belirlenen asgari sulama suyu ücretleri, DSİ Bölge Müdürlükleri ile sulama birliklerinin görüşleri de dikkate alınarak grup bazında hazırlanmaktadır.

Belirlenen bu sulama suyu ücreti tarifeleri, yapılan masrafların tamamını faydalananlardan alacak şekilde düzenlenmesini öngören kanun hükümlerine uygun olarak hesaplanmaya çalışılmaktadır. Sulama birliklerinin bütçesi, sulama suyu ücreti dışında herhangi bir kar amacı olan ilave gelirler içermemektedir. Ancak yıllık olarak değişen faiz, cezalar, katılım payları, kurum-teşkilat malları gelirleri gibi diğer gelirler sulama birliklerinin bütçesine katkı sağlamaktadır.

Sulama suyu ücreti tarifeleri, sulama birlikleri tarafından yönetilen sulama tesisleri için grup bazlı olarak düzenlenmektedir. Bu grupların oluşturulmasında, sulama şekli (pompaj veya cazibe), sulama tesisinin yer aldığı bölge ve gelişim potansiyeli vb. kriterler göz önünde bulundurulmaktadır. Tarifelerde, bitki çeşitlerine göre değişen alan esaslı tarifeler ile sadece tüketilen su miktarına göre değişen hacim esaslı tarifeler yer almaktadır. Alan esaslı tarifelerde, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarları ile bu bitkilerin üretim değerleri dikkate alınarak sulama suyu ücretleri belirlenmektedir. Sulama şebekelerinde suyun hacimsel olarak ölçülebildiği durumlarda ise hacim esaslı sulama suyu ücreti uygulanmaktadır (Anonim, 2021).

Örnek olarak 2021 yılındaki sulama suyu ücreti alınacak olan ve sulama birlikleri tarafından yönetilen sulama şebekelerinin 5 farklı grupta toplandığı Çizelge 10'da gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi gruplardan üçü cazibeli, ikisi ise pompajlı sulama tesislerinden oluşmaktadır. Sulama suyu ücreti tarifeleri, sulama ünitelerinin özellikleri göz önüne alınarak gruplandırılmaktadır. Toplamda 5 grupta yer alan sulama üniteleri, 11 bölgede 42 ünite 1. grupta, 20 bölgede 268 ünite 2. grupta, 12 bölgede 116 ünite 3. grupta, 19 bölgede 57 ünite 4. grupta ve 16 bölgede 99 ünite 5. grupta yer almıştır. En fazla ünite sayısı 2. grupta yer alan 46 ünite ile 12. Bölgede bulunmaktadır. Örneğin 21. Bölgede bulunan Aydın Ovası Sulama Birliği 5 üniteden oluşmakta ve 2., 4. ve 5. gruplarda yer almaktadır.

Çizelge 10. Sulama birliklerince işletilen sulama tesislerinin gruplara göre dağılımı

<b>Grup 1</b> (Cazibe)	<b>3. Bölge:</b> Aşağı Kuzfındık, ... <b>4. Bölge:</b> Ulurmak, ... <b>8. Bölge:</b> Yazıcı, ... <b>10. Bölge:</b> Garzan-Kozluk <b>12. Bölge:</b> Aşağı Sekili, ... <b>15. Bölge:</b> Hacıhıdır <b>19. Bölge:</b> Çelttek, ... <b>20. Bölge:</b> Kayacık <b>21. Bölge:</b> Bozdoğan-Akçay (Sağ Sahil), ... <b>22. Bölge:</b> Köse <b>25. Bölge:</b> Taşoluk
<b>Grup 2</b> (Cazibe)	<b>1. Bölge:</b> Bursa, ... <b>2. Bölge:</b> Bergama, ... <b>3. Bölge:</b> Sarıcakaya, ... <b>4. Bölge:</b> Bozkır, ... <b>5. Bölge:</b> Akıncı, ... <b>6. Bölge:</b> Bağtepe, ... <b>7. Bölge:</b> Amasya, ... <b>8. Bölge:</b> Çadirkaya, ... <b>9. Bölge:</b> Gayt, ... <b>10. Bölge:</b> Gözegöl, ... <b>12. Bölge:</b> Ağcaşar, ... <b>13. Bölge:</b> Korkuteli, ... <b>17. Bölge:</b> Erciş, ... <b>18. Bölge:</b> Aydın, ... <b>19. Bölge:</b> Karacalar, ... <b>20. Bölge:</b> Çamgazi, ... <b>23. Bölge:</b> Asar, ... <b>24. Bölge:</b> Iğdır <b>25. Bölge:</b> Altınova-Dikili, ...
<b>Grup 3</b> (Cazibe)	<b>1. Bölge:</b> Ağlaşan ... <b>3. Bölge:</b> Eskişehir, ... <b>4. Bölge:</b> Atlantı <b>6. Bölge:</b> Çukurabonaz, ... <b>9. Bölge:</b> Suçatı, ... <b>10. Bölge:</b> Batman, ... <b>13. Bölge:</b> Alanya, ... <b>15. Bölge:</b> Şanlıurfa-Harran, ... <b>18. Bölge:</b> Çavdır, ... <b>20. Bölge:</b> Keysun, ... <b>21. Bölge:</b> Kahvederesi II, ... <b>25. Bölge:</b> Manyas, ...
<b>Grup 4</b> (Pompaj)	<b>1. Bölge:</b> Karacabey, ... <b>2. Bölge:</b> Kınık <b>3. Bölge:</b> Sarıcakaya, ... <b>4. Bölge:</b> Karaören, ... <b>5. Bölge:</b> Asartepe, ... <b>6. Bölge:</b> Savrun <b>7. Bölge:</b> Yerkozlu, ... <b>8. Bölge:</b> Erzincan (Mollaköy P), ... <b>9. Bölge:</b> Kovancılar, ... <b>10. Bölge:</b> Kralkızı-Dicle (P2) <b>12. Bölge:</b> Ebiç, ... <b>13. Bölge:</b> Mursal <b>15. Bölge:</b> Akçakale, ... <b>17. Bölge:</b> Ovakişla <b>18. Bölge:</b> Çıldırım, ... <b>20. Bölge:</b> Çamgazi, ... <b>21. Bölge:</b> Aydın (P1), ... <b>23. Bölge:</b> Karaçomak, ... <b>25. Bölge:</b> Balıkesir, ...
<b>Grup 5</b> (Pompaj)	<b>1. Bölge:</b> Ağlaşan ... <b>2. Bölge:</b> Menemen, ... <b>3. Bölge:</b> Pamukova, ... <b>4. Bölge:</b> Ilgın <b>6. Bölge:</b> Baklalı, ... <b>7. Bölge:</b> Amasya, ... <b>8. Bölge:</b> Erzincan <b>10. Bölge:</b> Kralkızı-Dicle <b>11. Bölge:</b> Hamzadere, ... <b>12. Bölge:</b> Sarıhıdır, ... <b>13. Bölge:</b> Alanya, ... <b>15. Bölge:</b> Bozova, ... <b>18. Bölge:</b> Atabey, ... <b>20. Bölge:</b> Samsat, ... <b>21. Bölge:</b> Aydın (ŞP1-ŞP2-Mursallı), ... <b>25. Bölge:</b> Gönen, ...

**Not:** Çizelgede her bölgeden bir Sulama Birliği örnek olarak verilmiştir. Kaynak: DSİ, 2021

Her bir grup için belirlenen sulama suyu ücretleri, sulama tesislerinin özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Çizelge 11).

Çizelge 11. Sulama birliklerince 2021 yılında su kullanım hizmet bedelinin belirlenmesinde eşik değer olarak alınacak işletme ve bakım ücret tarifeleri

Bitki Çeşitleri	İşletme ve Bakım Ücreti (TL da <sup>-1</sup> )				
	Cazibe Sulamaları			Pompaj Sulamaları	
	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
Hububat	<b>17.00</b>	<b>23.00</b>	<b>30.00</b>	<b>35.00</b>	<b>48.00</b>
Fasulye (Tane), Çayır-Mer'a	18.00	26.00	33.00	40.00	71.00
Fasulye (Taze)	23.00	30.00	39.00	47.00	85.00
Soya	18.00	<b>23.00</b>	33.00	42.00	83.00
Bostan	19.00	28.00	36.00	42.00	71.00
Tütün	28.00	39.00	50.00	59.00	85.00
Anason	<b>17.00</b>	24.00	31.00	37.00	57.00
Yerfıstığı	23.00	32.00	41.00	48.00	83.00
Ayçiçeği	18.00	26.00	33.00	40.00	57.00
Haşhaş	<b>17.00</b>	24.00	31.00	37.00	55.00
Çiçek Bahçesi	31.00	43.00	53.00	62.00	122.00
Nohut, Keten, Kenevir, Jüt	<b>17.00</b>	<b>23.00</b>	<b>30.00</b>	<b>35.00</b>	57.00
Susam	<b>17.00</b>	24.00	31.00	47.00	93.00
Pamuk, Mısır, Süpürge Otu	25.00	36.00	44.00	57.00	114.00
Çeltik, Şeker Kamışı	<b>61.00</b>	<b>86.00</b>	111.00	131.00	171.00
Fidan	18.00	26.00	33.00	40.00	61.00
İncir	24.00	33.00	43.00	70.00	139.00
Bağ, Aspir	<b>17.00</b>	24.00	31.00	42.00	85.00
Zeytinlik, Antep Fıstığı	24.00	33.00	43.00	55.00	110.00
Meyve, Şeker Pancarı	33.00	48.00	61.00	74.00	129.00
Çilek	30.00	41.00	53.00	64.00	114.00
Süs Bitkileri	35.00	50.00	66.00	85.00	139.00
Narenciye	38.00	56.00	71.00	85.00	143.00
Muz	57.00	<b>86.00</b>	<b>113.00</b>	<b>135.00</b>	<b>224.00</b>
Sebze	32.00	44.00	57.00	69.00	121.00
Patates	25.00	36.00	44.00	53.00	83.00
Soğan, Sarımsak	24.00	33.00	43.00	51.00	80.00
Yem Bitkileri	30.00	41.00	53.00	64.00	93.00
Kavak	26.00	36.00	48.00	56.00	93.00
Sera	49.00	68.00	86.00	105.00	138.00
Tav Sulaması	10.00	15.00	18.00	23.00	38.00
<i>Sulama Suyu Ücreti (TL m<sup>-3</sup>)</i>	<i>0.070</i>	<i>0.095</i>	<i>0.120</i>	<i>0.156</i>	<i>0.313</i>

Kaynak: DSI, 2021

Çizelge 11 incelendiğinde, DSI, 2021 yılında sulama birlikleri tarafından yönetilen sulama şebekelerinde en düşük değer olarak belirlediği alan esaslı sulama suyu ücreti tarifelerinde, 5 farklı gruptaki en düşük su kullanım hizmet bedelinin (bitki sulaması olmayan tav suyu hariç) 1. grupta 17 TL da<sup>-1</sup> ile hububat, anason, haşhaş, nohut, keten, kenevir, jüt, susam, bağ ve aspir bitkileri için tespit edildiği buna karşın en yüksek ücretin ise 5. grupta 224 TL da<sup>-1</sup> ile muz bitkisi için hesaplandığı görülmektedir. Ayrıca grup bazında yapılan incelemede; alan esaslı ücretlendirmede bitki bazında değerlendirmede olduğu gibi her bitki çeşidi için en düşük su kullanım hizmet bedelinin 1. grupta, en yüksek bedelin ise 5. grupta belirlendiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde hacim esaslı ücretlendirmede de 1. gruptan 5. gruba doğru tarife ücretlerinin arttığı saptanmıştır.

### **DSİ’ce İnşa Edilerek Su Kullanıcı Organizasyonlara (Sulama Birlikleri Hariç) Devredilen Sulama Şebekelerinde Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri**

DSİ tarafından sulamaya açılmış alanlarda sulama birlikleri haricindeki su kullanıcı organizasyonlara devredilmiş sulama şebekelerinde, sulama suyunun iletim ve dağıtımıyla ilgili bütün faaliyetler, bu kuruluşların tüzükleri ve devir sözleşmeleriyle organize edilmektedir. Ayrıca sulama suyu ücret tarifelerinin tespit edilmesi ve uygulanması da bu yönetimler tarafından gerçekleştirilmektedir. Devir sözleşmesinde yer almakla birlikte sulama birlikleri dışındaki bu teşkilatların kontrolü, tabi oldukları mevzuata göre zorunlu olmadığı için yapılamamaktadır (Anonim, 2021).

### **DSİ Dışındaki Kurumlarca İnşa Edilerek İşletmeye Açılan Tesislerde Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri**

DSİ haricindeki Mülga Toprak-Su, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Bölge Kalkınma İdareleri, Belediyeler, İl Özel İdareleri gibi kurumlar tarafından geliştirilerek inşa edilen ve sulama kooperatifleri, belediyeler, köy tüzel kişilikleri gibi su kullanıcı teşkilatlarına devredilen sulama tesislerinde, su kullanım hizmet bedeli tarifelerinin belirlenmesi ve uygulanması devralan kuruluşun tüzüğüne göre kendi yönetimleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu teşkilatlarda, gelirlerin giderlere eşitlenebilmesi için sulama suyu ücretleri sulama sezonu sonunda tespit edilmekte ve su kullanıcılarına tahakkuk ettirilmektedir. Belediye ve İl Özel İdareleri gibi kurumlar kendi meclislerinde alınan kararlara göre su kullanım hizmet bedellerini belirleyip uygulamaktadır. Ancak bazı küçük su kullanıcı teşkilatlarında, örneğin köy tüzel kişiliklerinde, sulama suyu ücretleri hesaplanmamaktadır. Bu tesislerde suyun iletimi, dağıtımı ve şebeke bakım-onarımları tamamen su kullanıcılar tarafından kendi imkânlarıyla ortaklaşa yürütülmektedir (Anonim, 2021).

## **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Ülkemizde sulama yönetimi farklı kurum ve kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmekte ve üç farklı model kullanılarak sulama hizmeti verilmektedir. Devlet sulama işletmeciliği, katılımcı yönetim sulama işletmeciliği ve kamu-özel sektör işbirliği ile sulama işletmeciliği olarak nitelendirilen bu üç yaklaşımdan sadece ilk ikisi ülkemizde uygulanabilmiş, buna karşın kamu-özel sektör işbirliği modeli ise çeşitli nedenlerle uygulanamamıştır. Katılımcı sulama yönetimi modeli en çok uygulanan model olarak karşımıza çıkmakta ve her geçen gün uygulama alanı artmaktadır.

Sulamaya açılan alanlarda tesislerin işletme, bakım ve yönetim sorumluluğu ise sulama birlikleri, sulama kooperatifleri, belediyeler, köy tüzel kişilikleri, üniversiteler ve diğer farklı tarımsal amaçlı teşkilatlar tarafından yürütülmekte ve bu teşkilatlarda su kullanım hizmet bedelleri tespit edilen altı farklı yöntem kullanılarak su kullanıcılarına tahakkuk ettirilmektedir.

Bu yöntemler içerisinde gerek su kullanıcılar gerekse suyu yönetenler tarafından tereddüt etmeden tercih edilen, adil ve etkili bir su dağıtımı ile birlikte kayda değer bir su tasarrufuna olanak sağlamak gibi birçok avantajı içerisinde barındıran yöntem hiç kuşkusuz ön-ödemeli sayaçlarla kullanılan hacim esaslı ücretlendirme yöntemidir. Bu nedenlerle finans kaynaklarının zorlanarak bir taraftan açık sulama şebekelerinin kapalıya dönüştürülmesi bir taraftan da dönüştürülen şebekelerde ön-ödemeli sayaçların kullanılmasına olanak sağlanması ile su yönetimi kurum ve kuruluşlarının en önemli görevi olmalı ve gıda güvenliğinin sürdürülebilirliğine katkı sağlanmalıdır.

**Teşekkür:** Bu makalede kullanılan bazı bilgileri yüz yüze görüşmeler sonucunda vererek katkıda bulunan Ziraat Yüksek Mühendisi Sayın Ahmet ŞEREN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

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

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

## **KAYNAKLAR**

- Anonim (2016). KOP Bölgesindeki Bitkisel Üretime Yönelik Sulama Projelerinin Ekonomik ve Sosyal Etkilerinin Değerlendirilmesi Çalışması IV. Etap Raporu. KOP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı. Konya.
- Anonim (2020). Sulama İşletme Modeli Olarak Yeni Dönemde Sulama Birlikleri (2019 Yılı Faaliyetleri Ekseninde). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim (2021). Tarım ve Orman Bakanlığı 1. Su Şurası Tarımsal Sulama Çalışma Belgesi.
- Anonim (2022). 2021 Yılı DSİ’ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

- Anonim (2023). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2022 Yılı Faaliyet Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- BUÜ (2022). Fakülte Tanıtımı. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi. <https://uludag.edu.tr/ziraat/konu/view?id=3700> (Erişim Tarihi: 15.03.2022)
- Çakmak, B. ve Avcı, S. (2017). Tarımda Su Tasarrufu ve Sulama Suyu Fiyatlandırma Yaklaşımları. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, V.6 ICAFOF Special Issue, 198-206. DOI: 10.17100/nevbiltek.332094
- DSİ (2021). 2021 Yılında Sulama Birliklerince İşletilen Sulama Tesislerinde Asgari Değer Olarak Alınacak Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/738> (Erişim Tarihi: 10.06.2021)
- Merrey, D. J., Sally, H. (2017). Another well-intentioned bad investment in irrigation: The Millennium Challenge Corporation's "Compact" with the Republic of Niger. *Water Alternatives*, 10, 195–203.
- Mevzuat (2023). Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum ve Kuruluşlar ile Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/19.5.4.pdf> (Erişim Tarihi: 10.06.2021)
- Nhemachena C, Matchaya G, Nhlengethwa S, Nhemachena C. (2018) Exploring ways to increase public investments in agricultural water management and irrigation for improved agricultural productivity in Southern Africa. *Water SA* 44(3):474–481
- TOB (2022). Tarım ve Orman Bakanlığının 2022 Yılı Bütçesi Plan ve Bütçe Komisyonunda Kabul Edildi. 10.11.2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5133/Tarim-Ve-Orman-Bakanliginin-2022-Yili-Butcesi-Plan-Ve-Butce-Komisyonunda-Kabul-Edildi> (Erişim Tarihi: 29.03.2022)

## Ankara İli Tarım İşletmelerinde Mekanizasyon Durumu ve İlaçlama Makinelerinin Teknik Özellikleri

Bahar SEYFİOĞLU<sup>1</sup> , Mehmet Fırat BARAN<sup>1\*</sup> , Ali BOLAT<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü-Siirt

<sup>2</sup>Adıyaman Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü-Adıyaman

\*Sorumlu Yazar: [mfb197272@gmail.com](mailto:mfb197272@gmail.com)

Geliş Tarihi: 04.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 15.05.2023 Kabul Tarihi: 17.05.2023

### ÖZ

Bu çalışmada Ankara ilinde faaliyet gösteren tarım işletmelerinde mekanizasyon durumu ve kullanılan ilaçlama makinelerinin teknik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Ankara ilinde 19 ilçede 381 tarım işletmesi ile anket yapılarak veriler elde edilmiştir. İşletmelerin gruplara ayrılarak incelenmesinin daha doğru olacağına karar verilmiş olup, grupların belirlenmesi amacıyla kümeleme analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 1. grup işletmeler (149 işletme) ve 2. grup işletmeler (232 işletme) olmak üzere iki grup oluşmuştur. Araştırmada tanımlayıcı istatistikler ve gruplar arasındaki farkların belirlenmesinde ki kare analizi ve t testi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ortalama arazi büyüklüğü 1. gruptaki işletmelerde 21.75 ha, 2. gruptaki işletmelerde 15.67 ha olarak bulunmuştur. İşletmelerdeki pülverizatör/işletme sayısı ortalama 1. gruptaki işletmelerde 1.06 adet, 2. gruptaki işletmelerde 1.02 adet, pülverizatör/traktör sayısı ise ortalama 1. gruptaki işletmelerde 0.77 adet, 2. gruptaki işletmelerde 0.90 adet olarak belirlenmiştir. İşletmelerin büyük çoğunluğunda (%83.73) bir traktör mevcut olup, traktörlerin çoğunlukla 10 yaş altı olduğu belirlenmiştir. İşletmeler ortalamasına göre pülverizatörlerin %90.36'sı tarla, %6.60'ı bahçe ve %3.04'ü sırt pülverizatörlerinden oluşmakta olup, tüm pülverizatör tiplerinin büyük çoğunluğunun 10 yaş altı olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanında işletmelerin büyük çoğunluğunda kuyruk milinden hareketli ilaçlama makinelerinin varlığı, üreticilerin kimyasal mücadeleye önem verdiklerini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Mekanizasyon, siprey, tarım işletmesi, teknik özellik

## Mechanization Status and Technical Features of Plant Protection Machines in Ankara Province Agricultural Enterprises

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the mechanization status and technical characteristics of spraying machines used in agricultural enterprises operating in Ankara province. For this purpose, data were obtained by conducting a survey with 381 agricultural enterprises in 19 districts of Ankara province. It was decided that it would be more accurate to examine the enterprises by dividing them into groups and cluster analysis was performed to determine the groups. As a result of the analysis, two groups were formed as 1st group enterprises (149 enterprises) and 2nd group enterprises (232 enterprises). Descriptive statistics, chi-square analysis and t-test were applied to determine the differences between the groups. According to the results of the research, the average land size was found as 21.75 ha in the 1st group and 15.67 ha in the 2nd group. The average number of sprayer/enterprise was 1.06 in the 1st group and 1.02 in the 2nd group, and the average number of sprayer/tractor was 0.77 in the 1st group and 0.90 in the 2nd group. The majority of the enterprises (83.73%) had one tractor, and it was determined that the tractors were mostly under 10 years old. According to the average of the enterprises, 90.36% of the sprayers were field crop sprayers, 6.60% were garden sprayers and 3.04% were knapsack sprayers, and it was determined that the majority of all types of sprayers were under 10 years old. The presence of power driven sprayers in the majority of the enterprises in the research area shows that the producers give importance to chemical weeding.

**Key words:** Mechanization, sprayer, agricultural enterprise, technical characteristics



## GİRİŞ

Dünyada giderek büyüyen açlık sorunu, ülkemizde ise hızla artan nüfusun yeterli beslenememesi ve tarımın ekonomiye olan katkısını artırma gereği, üretim artışı konusunda tarım uzmanlarının daha çok çaba harcamaları sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Üretim artışı için yeni tarım alanları elde etme olanağı kalmamıştır. Bu durumda verimi yükseltmek, üretimi artırmanın tek yolu olarak görülmektedir. Tarımda girdi kullanımı, verimin, dolayısıyla üretim miktarının artmasında, kalitenin yükseltilebilmesinde en önemli unsurdur. Toprak, işgücü ve sermayeyi etkin hale getiren unsur tarımsal girdilerdir. Bitkisel üretim faaliyetinde kullanılan girdiler; tohum, gübre, tarım ilacı, tarım alet ve makineleri, sulama ve tarımsal kredilerdir. Bu girdilerin yoğun bir şekilde kullanılması, entansif bir tarımsal faaliyeti, o da daha ileri düzeyde bir gelişmeyi simgeler. Ancak, gereğinden fazla ve hatalı biçimde kullanılan girdilerin, ürün kalitesi yanında toprak ve su kirlenmesine yol açabilen olumsuz etkileri de söz konusudur (Çelik, 2000).

Tarımda üretimin çeşitli kademelerinde yetiştirilen ürünlerin hastalık ve zararlılara karşı korunması gerekir. Hastalık ve zararlılarla mücadele sadece üretim periyodu değil, ürünün depolandığı dönemi de kapsamalıdır. Elde edilen ürünlerin hastalık ve zararlılardan geriye kalan miktar olduğu kabul edilmektedir. Zararlılar arasında en önemlisi böceklerdir. Buna ek olarak mantarlar ve bakteriler de ürünlerde zarar meydana getirir. Böcekler, bitkilerin çeşitli kısımlarını kemirerek veya tamamen yiyerek, özsu bakımından zengin yerlerde emgi yaparak bitki kısımlarının çürümesine ve böcekler bu yolla çeşitli hastalıkların da taşınmasına neden olurlar. Bitkisel üretiminde böcek ve hastalıklarla meydana gelen zarar toplam üretimin en az %15'i ve tropik bölgelerde ise %20'si değerine ulaşmaktadır (Tezer ve Zeren, 1986).

Kullanıldıkları zararlı gruplarına ya da hedef alınan organizmaya göre yapılan sınıflandırmada; en önemli üç büyük pestisit grubu; insektisit, fungusit ve herbisitlerdir. Dünya pestisit kullanımı 2019 yılında 2.69 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, pestisit kullanımı bakımından dünya sıralamasında 12. sırada yer almakta ve dünya pestisit kullanımının %1.23'ünü oluşturmaktadır. Türkiye'de hektara pestisit kullanımı 2.2 kilogramdır (FAO, 2022). Türkiye'de de kullanıldıkları zararlı grubuna göre öne çıkan pestisitler; insektisit, fungusit ve herbisitlerdir. 2020 yılında kullanılan toplam pestisitinin %38.38'ini fungusitler oluştururken, bunu sırasıyla herbisitler (%24.69) ve insektisitler (%23.00) takip etmektedir.

Türkiye'de tarımsal üretimde tarım iş makinelerinin kullanımı yaygın olup, ürün kalitesi üzerine bitki koruma makinelerinin önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bitkisel üretimde ürünün korunması amacıyla kullanılmakta olan bitki koruma makineleri traktör kuyruk milinden hareketli pülverizatörler olduğu gibi, atomizör, sırt pülverizatörü gibi alet ve makineler de kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra havadan yapılan tarımsal mücadele uygulamalarında tarım uçağı ve benzeri uygulamalardan da bitki koruma amacıyla yararlanılmaktadır. Ürünün korunması ve kalitesini artırıcı özelliğine sahip olan kuyruk milinden hareketli pülverizatörlerin ülke genelindeki varlığı 382 bin adet civarındadır (TÜİK, 2022a).

Tarımsal üretimde ilaç kalıntısının olmaması için doğru teşhis yapılması, doğru ilaç kullanımı, uygun dozda ve zamanında atılması, hasat zamanına dikkat edilmesi ve doğru bir alet ya da makine ile atılması önemlidir. Başka bir ifade ile başarılı bir ilaçlamayı pülverizatörden kaynaklanan sorunlar da engelleyebilmektedir. Kimyasal mücadele makinelerinden olan pülverizatörlerin kullanımı bu nedenle önemlidir. Bu makinelerin kaliteli malzemelerden imal edilmemeleri, doğru kullanılmamaları ve bakımlarının zamanında yapılmaması bazı sorunlara ve arızalara sebep olmaktadır. Bu durumda kaliteli ilaçlama yapılmamaktadır (Şahin, 2019).

İlaçlama makineleri birebir çevre ve sürücü becerisi ile etki içerisinde olduğundan zamanla makinede sorunlar ve iş kabiliyetini yitirme gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir. Depoda ve püskürtme memelerinde görülen aşınmalar, püskürtme memelerinde meydana gelen tıkanmalar, püskürtme borularında meydana gelen çatlama ve kırılmalar, püskürtme çubuğunda meydana gelen kırılma, esnekliğin kaybedilmesi, tarla tümsek ve çukurlarından kaynaklanan aşırı yayılma sebebiyle paralelliğin kaybolması ve pompanın basınç ayarının bozulması gibi sorunlar sıklıkla karşılaşılan sorunlardır (Ürkmez, 2013).

Bu çalışmada, Ankara ilinde faaliyet gösteren tarım işletmelerinin genel özellikleri ve mekanizasyon durumu ortaya konulmuştur. İşletmelerin kullanmış oldukları ilaçlama makinelerinin teknik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Çalışmada kullanılan veriler, çalışma alanı olan Ankara ilinin tarımsal potansiyeli fazla olan Akyurt, Ayaş, Balâ, Beypazarı, Çankaya, Çubuk, Elmadağ, Evren, Gölbaşı, Gündül, Haymana, Kahramankazan, Kalecik, Kızılcahamam, Nallıhan, Polatlı, Pursaklar, Sincan ve Şereflikoçhisar ilçelerinde faaliyet gösteren tarım işletmeleri ile yüz yüze anket uygulaması yapılarak elde edilmiştir. Böylece analize esas olan birincil veriler doğrudan doğruya örneğe çıkan üreticilerden elde edilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar, Ankara İl Tarım ve

Orman İl Müdürlüklerinden, Türkiye İstatistik Kurumu'ndan ve diğer ilgili kurum ve kuruluşlardan elde edilen ikincil veriler de çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden belirlenen ilçelerdeki toplam üretici sayılarına ilişkin bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre araştırma kapsamına alınan ilçelerdeki toplam üretici sayısının 42378 olduğu saptanmıştır. Araştırmada kapsamına tüm üreticilerin alınması mümkün olmadığı için, örnekleme yöntemiyle bir kısmının alınmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Bu amaçla aşağıdaki oransal örnek hacmi formülünden yararlanılmış (Newbold, 1995) ve %95 güven aralığı ile %5 hata payı esas alınmıştır.

Formülde;

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

n = Örnek hacmi

N = Toplam işletme sayısı

p = Örneğe giren üreticilerin oranı

$\sigma^2 p$  = Oranın varyansıdır.

%95 güven aralığı ve 0.05 hata payına göre;

$Z_{\alpha/2} \sigma_p = r$

1.96  $\sigma_p = 0.05$

$\sigma_p = 0.02551$ 'dir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda örnek hacmi 381 olarak belirlenmiştir. Her ilçeden anket uygulanan işletme sayısının belirlenmesinde ise, toplam işletme sayısı içerisinde ilçelerin payları esas alınmıştır. İlçelerde anket yapılan işletme sayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Anket yapılan işletmelerin ilçelere göre dağılımı

İlçe adı	Toplam işletme sayısı	Örneğe giren işletme sayısı
Akyurt	1289	10
Ayaş	2448	19
Bala	4931	39
Beypazarı	2458	19
Çankaya	378	3
Çubuk	1924	15
Elmadağ	1426	11
Evren	510	4
Gölbaşı	4574	36
Güdül	688	6
Haymana	7459	59
Kahramankazan	1161	9
Kalecik	2088	17
Kızılcahamam	154	1
Nallıhan	1557	12
Polatlı	8775	69
Pursaklar	252	2
Sincan	2400	19
Şereflikoçhisar	3977	31
<b>Toplam</b>	<b>48449</b>	<b>381</b>

Anket formu ile toplanan bilgilerin gerekli kodlamaları yapılarak, veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çalışmada, öncelikle üreticilerin ve işletmelerin genel karakteristikleri ortaya konulmuştur.

Araştırmada örnekleme aşamasında tabakalandırma yapılmamış, ancak işletmelerin gruplara ayrılarak incelenmesinin daha doğru olacağına karar verilmiştir. Bu aşamada grupların belirlenmesi amacı ile kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizinde SPSS programından yararlanılmıştır.

Kümeleme analizi, ölçülen objeleri birbirlerine benzerliklerine göre sınıflandırmayı amaçlayan istatistiksel bir tekniktir. Bu analizde objeler önceden tespit edilen kriterlere göre kümelendiğinde aynı kümedeki objelerin ölçülen karakteristikleri birbirine çok benzerken kümeler arası karşılaştırmalarda ölçülen karakteristikler birbirine benzemez. Yani analiz sonucu elde edilen kümeler, küme içinde yüksek düzeyde homojenlik ve kümeler arasında ise yüksek düzeyde heterojenlik gösterir (Hair ve ark., 1998).

Kümeleme analizi hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan analiz yöntemleri olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmektedir. Hiyerarşik kümeleme, veri setinin birimlerinin birbirlerine olan uzaklık değerlerini kullanarak, veri setindeki birimlerin hiyerarşik ayrıştırmasını yapar. Hiyerarşik ayrıştırmada, dendogram olarak bilinen ağaç diyagramı kullanılır. Küme sayısına görsel olarak karar verilir. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme (k-ortalama kümeleme) metodu küme sayısı konusunda ön bilgi var ise veya araştırmacı anlamlı olacak küme sayısına karar vermiş ise daha karmaşık olan hiyerarşik yöntemlere tercih edilir (Tatlidil, 2002).

Bu çalışmada uzaklık matrisinin belirlenmesinde kareli öklit uzaklığı, işletmelerin kümelendirilmesinde ise, hiyerarşik kümeleme tekniklerinden Ward tekniği ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden de k-ortalama teknikleri kullanılmıştır. Ayrıca k-ortalama tekniklerinde, değişkenlerin önem düzeyleri varyans analizi ile incelenmiştir.

Kümeleme analizinde kriter olarak işletmelerin tarımsal faaliyet ve tarımsal mekanizasyon özelliklerini yansıtan arazi tipi, faaliyet türü, traktör sayısı, arazi büyüklüğü ve ilaçlama makinesi varlığı değişken olarak seçilmiştir. Öncelikle hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılarak küme sayısı belirlendikten sonra, hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemi kullanılarak işletmelerin hangi kümelere ait olduğu belirlenmiştir.

Kümeleme analizi yardımıyla işletmelerin nasıl gruplandıklarının ve küme sayılarının belirlenmesi işlemi dendogram (ağaç grafiği) ile yapılmıştır. Dendogram 0-25 birim arasında ölçeklendirilir. Farklı ölçeklerde işletmeler farklı sayıda kümelere toplanmış olup, 10 birimlik ölçekte işletmelerin üç, 15, 20 ve 25 birimlik ölçeklerde iki kümede toplandığı görülmektedir. Yapılan analiz sonucunda uygun küme sayısı iki olarak belirlenmiştir. Uygun küme sayısı belirlendikten sonra, k-ortalama yöntemi ile işletmelerin hangi gruba ait olduğu belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda 1. grupta 149 işletme ve 2. grupta 232 işletme olduğu tespit edilmiştir. Böylece işletmeler gruplandırılarak, sonraki analizlere bu gruplandırma dikkate alınarak devam edilmiştir.

Elde edilen verilerin analizinde ortalama, standart sapma, minimum, maksimum değerleri ve yüzde oranları gibi tanımlayıcı istatistiklerden faydalanılmıştır. Oluşturulan gruplar arasında farklılık olup olmadığı, kesitli verilerde ki kare testi, normal dağılım gösteren sürekli verilerde t-testi, normal dağılım göstermeyen sürekli verilerde Mann-Whitney U testi ile ortaya konulmuştur. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorow-Smirnow testi ile belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmanın bu bölümünde işletme yöneticileri ve işletmelere ilişkin genel bilgiler, işletmelerde traktör varlığı, alet-makine varlığı ve ilaçlama makinelerinin teknik özelliklerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

### İşletme Yöneticileri ve İşletmeler İle İlgili Genel Bilgiler

İşletme yöneticileri ve işletmeler ile ilgili bazı sosyo ekonomik göstergeler Çizelge 2’de verilmiştir. İşletme yöneticilerinin yaş ortalaması 1. grupta 49.41, 2. grupta 52.50 olarak belirlenmiştir. Eğitim süreleri incelendiğinde, 1. gruptaki işletme yöneticilerinin eğitim süresi ortalaması 8.23 yıl iken, bu değer 2. gruptaki işletme yöneticileri için 7.37 yıl olarak tespit edilmiştir. İşletme yöneticilerinin tarımsal deneyimleri 1. grupta ortalama 26.55 yıl, 2. grupta 29.43 yıl olarak belirlenmiştir. İşletmeler ortalamasına göre, işletme yöneticisi dışında işletmelerde çalışan kişi sayısı ortalama 1 olarak belirlenmiş olup, bu değer 1. gruptaki işletmelerde biraz daha yüksektir. Birinci gruptaki işletmelerde ortalama arazi büyüklüğü 21.75 ha olarak bulunmuş olup, bunun 6.49 ha’ ının sulu, 15.26 ha’ ının kuru arazi olduğu belirlenmiştir. İkinci gruptaki işletmelerde ortalama arazi büyüklüğü 15.67 ha iken, sulu arazi büyüklüğü 2.94 ha, kuru arazi büyüklüğü 12.73 ha olarak bulunmuştur. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, üretici gruplarına göre, işletme yöneticilerinin yaş ve eğitim sürelerinin %5, tarımsal deneyimlerinin %10, işletmelerde çalışan sayısı, sulu arazi ve toplam arazi büyüklüğünün %1, kuru arazi büyüklüğünün ise %10 anlam düzeyinde değiştiği belirlenmiştir. Birinci gruptaki işletme yöneticilerinin daha az da olsa daha genç ve daha eğitilmiş oldukları görülmüştür.

Çizelge 2. İşletme yöneticileri ve işletmeler ile ilgili bazı sosyo ekonomik göstergeler.

Sosyo ekonomik göstergeler	1. grup	2. grup	İşletmeler ortalaması	P
Yaş (yıl)	49.41	52.50	51.29	0.012**
Eğitim süresi (yıl)	8.23	7.37	7.71	0.014**
Tarımsal deneyim (yıl)	26.55	29.43	28.31	0.055*
İşletmede çalışan sayısı (adet)	1.23	0.85	1.00	0.001***
Sulu arazi (ha)	6.49	2.94	4.33	0.000***
Kuru arazi (ha)	15.26	12.73	13.72	0.062*
<b>Toplam arazi (ha)</b>	<b>21.75</b>	<b>15.67</b>	<b>18.05</b>	<b>0.000***</b>

\*\*\*%1, \*\*%5, \*10 önem seviyesinde anlamlı

Çizelge 3. İşletmelerin faaliyet alanlarına göre dağılımı

Faaliyet alanı	1. grup		2. grup		Toplam*	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Tarla bitkileri	148	99.33	220	94.83	368	96.59
Bahçe bitkileri	65	43.62	13	5.60	78	20.47
Hayvancılık	102	68.46	0	0.00	102	26.77

\*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir

İşletmelerin faaliyet alanlarına göre dağılımı Çizelge 3'te verilmiştir. Her iki grupta yer alan üreticilerin ağırlıklı olarak tarla bitkileri yetiştiriciliği yaptığı görülmektedir. Birinci grupta yer alan işletmelerde bahçe bitkileri yetiştiriciliği de yaygın olup, ikinci grupta bahçe bitkileri yetiştiriciliği ile uğraşan işletme sayısı oldukça azdır. Bunun yanında, birinci gruptaki işletmelerin %68,46'sında hayvancılık faaliyetine de yer verildiği belirlenmiş olup, ikinci grupta bitkisel üretimin yanı sıra hayvancılık faaliyeti ile uğraşan işletmeye rastlanmamıştır.

#### İşletmelerdeki Traktör ve Alet Makine Varlığı

İşletmelerin sahip oldukları traktör sayılarına göre dağılımı Çizelge 4'te verilmiş olup, tüm işletmelerde en az 1 traktör olduğu görülmüştür. Birinci grupta 1 adet traktör bulunan işletmelerin oranı %76.51, 2 adet traktör bulunan işletmelerin oranı %16.11, 3 adet traktör bulunan işletmelerin oranı %3.36, 4 ve 5 adet traktör bulunan işletmelerin oranı ise %2.01 olarak bulunmuştur. İkinci grupta ise 1 adet traktör bulunan işletmelerin oranı %88.36, 2 adet traktör bulunan işletmelerin oranı %9.91, 3 adet traktör bulunan işletmelerin oranı %1.72 iken, bu grupta 4 ve 5 adet traktörü bulunan işletme bulunmamaktadır.

Çizelge 4. İşletmelerin traktör sayılarına göre dağılımı.

Traktör sayısı	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
1	114	76.51	205	88.36	319	83.73
2	24	16.11	23	9.91	47	12.34
3	5	3.36	4	1.72	9	2.36
4	3	2.01	0	0.00	3	0.79
5	3	2.01	0	0.00	3	0.79
<b>Toplam</b>	<b>149</b>	<b>100.00</b>	<b>232</b>	<b>100.00</b>	<b>381</b>	<b>100.00</b>

Ki kare: 16.547; p: 0.002

Ki kare testi sonucunda, işletmelerin sahip oldukları traktör sayılarının işletme gruplarına göre %1 anlam düzeyinde (p=0.002) değiştiği belirlenmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada işletmelerin %91.7'sinin 1 adet traktöre, %8.3'ünün 2 adet traktöre sahip olduğu bildirilmiştir (Ünal, 2006). Çanakkale ilinde yürütülen bir araştırmada, işletmelerin %85.96'sının 1 adet traktöre sahip oldukları belirlenmiş, 2 adet traktöre sahip olan işletmelerin oranı %7.37, 3 adet traktöre sahip olan işletmelerin oranı %2.46 ve 4 adet traktöre sahip olan işletmelerin oranı ise %0.70 olarak bulunmuştur (Ürkmez, 2013). Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan bir çalışmada, bölgedeki işletmelerin %74.1'inin 1, %18.1'inin 2, %4.2'sinin 3, %1.8'inin 4 ve üzeri traktöre sahip olduğu belirlenmiştir (Arı, 2018). Konya ili Çumra ilçesinde pülverizatör bulunan işletmelerde 1 adet traktörü bulunan işletmelerin oranı %78.2 traktör bulunan işletmelerin oranı %20.3 ve 3 adet traktör bulunan işletmelerin oranı ise %1.7 olarak bulunmuştur (Şahin, 2019). Yapılan çalışmaların araştırma sonucuyla ve birbirleriyle benzerlik gösterdiği ve işletmelerin büyük çoğunluğunun 1 adet traktöre sahip olduğu görülmektedir.

İşletmelerdeki traktörlere ilişkin gösterge değerleri Çizelge 5’te verilmiştir. Birinci grupta toplam 204, ikinci grupta toplam 263 adet traktör bulunmaktadır. İşletme başına düşen traktör sayısı birinci grupta 1.37 adet, ikinci grupta 1.13 adet olarak bulunmuştur. Ürkmez (2013) ve Şahin (2019) tarafından yapılan çalışmalarda işletme başına düşen traktör sayısı sırasıyla 1.11 ve 1.28 olarak bulunmuş olup, araştırma bölgesine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerde bulunan traktörlerin ortalama yaşı birinci grupta 12.53, ikinci grupta 12.43 yıl olarak belirlenmiştir. Türkiye’de, traktör parkının yaklaşık yarısının 25 yaşın üzerindeki traktörlerden oluştuğu düşünüldüğünde (Evcim ve ark., 2015), araştırma kapsamındaki traktörlerin yaş ortalaması Türkiye ortalamasının oldukça altında bulunmuştur. Traktörlerin ortalama güçlerinin her iki grupta da birbirine oldukça yakın ve yaklaşık 65 kW olduğu belirlenmiştir. Ürkmez (2013), Arı (2018) ve Şahin (2019) tarafından yapılan çalışmalarda ortalama traktör gücünün sırasıyla 41.85 kW, 86 kW ve 58.74 kW olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’deki ortalama traktör gücünün 44.1 kW olduğu dikkate alındığında araştırma bölgesindeki işletmelerin ortalama güç değerinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür (Korucu ve ark., 2015). Traktörlerin yıllık ortalama çalışma süresi birinci gruptaki işletmelerde 484.72 saat, ikinci gruptaki işletmelerde 378.69 saat olarak bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada traktörlerin yıllık ortalama çalışma süreleri (saat/yıl) Adana için 788.85 saat, Hatay için 486.94 saat, Kahramanmaraş için 362.26 saat, Osmaniye için 435.31 saat, Doğu Akdeniz Bölgesi için ise 518.34 saat olarak belirlenmiştir (Arı, 2018). Uluslararası standartlara göre (ASAE, 2000) bir traktörün ekonomik ömrü maksimum 12000 saat olarak kabul edilmektedir. Bu standartlara göre bölgedeki traktörlerin çalışma süresi açısından ekonomik ömrünü doldurmadıkları görülmektedir. Araştırma alanında traktör başına düşen işlenen alan birinci grupta 15.89 ha, ikinci grupta 13.82 ha olarak bulunmuştur. Ürkmez (2013) tarafından Çanakkale ilinde yapılan çalışmada, bir adet traktör başına 11.61 ha alan düştüğü belirlenmiştir. Türkiye genelinde traktör başına düşen işlenen alan 15.84 ha olup (TÜİK, 2022a; 2022b), araştırma sonucunda elde edilen değer Türkiye ortalamasına oldukça yakın bulunmuştur.

Çizelge 5. İşletmelerdeki traktör varlığı ve traktör gösterge değerleri.

Göstergeler	1. grup	2. grup	İşletmeler ortalaması
Toplam traktör sayısı (adet)	204	263	467
Traktör/işletme (adet)	1.37	1.13	1.23
Traktör ortalama yaşı (yıl)	12.53	12.43	12.47
Traktör ortalama gücü (kW)	65.90	64.82	65.29
Yıllık ortalama çalışma süresi (h)	484.72	378.69	425.00
Hektar/traktör	15.89	13.82	14.73

İşletmelerde bulunan alet ve makinelerin toplamı Çizelge 6’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, birinci gruptaki işletmelerde toplam 1622 adet, ikinci gruptaki işletmelerde ise toplam 2044 adet tarımsal alet ve makine bulunduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da toplam alet makine içinde en yüksek payı sırasıyla römork, pulluk ve ilaçlama makineleri almakta olup, en düşük pay ise biçerdövere aittir. Ürkmez (2013) tarafından yapılan çalışmada da tarım alet makine varlığı içinde en yüksek paya kulaklı pulluk, römork ve ilaçlama makinesinin sahip olduğu belirlenmiş olup, araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir.

İşletme ve traktör başına düşen alet makine sayıları Çizelge 7’de verilmiştir. Her iki grupta da traktör başına düşen römork sayısı 1’in üzerinde olup, römork dışında traktör başına düşen diğer alet ekipmanların sayısı 1’in altındadır. Traktör başına düşen kulaklı pulluk sayısı birinci grupta 0.92, ikinci grupta 0.97, ilaçlama makinesi sayısı birinci grupta 0.77, ikinci grupta 0.90 olarak bulunmuştur. Traktör başına düşen toplam alet makine sayısı birinci grupta 7.96 adet olup, bu değer ikinci grup için elde edilen değerden daha yüksektir. Birinci grupta traktör başına düşen tarımsal alet ve makine sayısının daha fazla olması bu grupta bahçe ve tarla tarımının bir arada yapılma oranının daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

İşletme başına düşen alet makine sayıları incelendiğinde ise, işletme başına düşen römork, kulaklı pulluk ve ilaçlama makinesi sayısının 1’den fazla olduğu görülmektedir. Bu durumu, tarla ve bahçe tarımında toprak işlemenin vazgeçilmesi olması ve kulaklı pulluğun da birincil toprak işleme aleti olmasından dolayı hemen hemen tüm işletmelerin kulaklı pulluk sahibi olmak istemesi şeklinde yorumlamak mümkündür. Diğer alet makine oranları incelendiğinde de, toprak işletme aletlerinden işletme başına düşen kültivatör, merdane, diskaro, diskli tırmık, dipkazan, çizel gibi aletlerin sayısının da yüksek olduğu, hemen hemen her iki işletmeden bir adedinin bu ekipmanlara sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, tarla bitkileri yetiştiriciliğinin oldukça önemli olduğu çalışma alanında, her iki grupta da dört üreticiden hemen hemen üç adedinin tahıl ekim makinesine sahip olduğu da

dikkat çekmektedir. Birinci grupta sulu tarım yapıma oranının daha yüksek olması dolayısıyla işletme başına düşen sulama pompası sayısının ikinci gruba göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Alet ve makinelerin toplam içindeki payı.

Makine adı	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Dipkazan	76	4.69	91	4.45	167	4.56
Çizel	73	4.50	82	4.01	155	4.23
Pulluk	187	11.53	255	12.48	442	12.06
Goble/diskaro	81	4.99	106	5.19	187	5.10
Diskli tırmık	78	4.81	106	5.19	184	5.02
Kültivatör	126	7.77	178	8.71	304	8.29
Tapan/merdane	80	4.93	106	5.19	186	5.07
Tahıl ekim makinesi	115	7.09	169	8.27	284	7.75
Üniversal ekim makinası	25	1.54	30	1.47	55	1.50
Santrifüjlü gübre dağıtım makinesi	67	4.13	112	5.48	179	4.88
Gübreli ara çapa makinesi	35	2.16	38	1.86	73	1.99
Döner çapa	17	1.05	22	1.08	39	1.06
İlaçlama makinesi/ pülverizatör	158	9.74	236	11.55	394	10.75
Yem biçme makinesi	38	2.34	19	0.93	57	1.55
Harman makinesi	17	1.05	18	0.88	35	0.95
Biçerdöver	14	0.86	12	0.59	26	0.71
Sapkeseer/sap parçalama makinesi	19	1.17	24	1.17	43	1.17
Römork	215	13.26	267	13.06	482	13.15
Sulama pompası	116	7.15	98	4.79	214	5.84
Diğer	85	5.24	75	3.67	160	4.36
<b>Toplam</b>	<b>1622</b>	<b>100.00</b>	<b>2044</b>	<b>100.00</b>	<b>3666</b>	<b>100.00</b>

Çizelge 7. İşletme ve traktör başına düşen alet-makine sayısı.

Makine adı	1. grup		2. grup		İşletmeler ortalaması	
	Makine/ traktör	Makine/ işletme	Makine/ traktör	Makine/ işletme	Makine/ traktör	Makine/ işletme
Dipkazan	0.37	0.51	0.35	0.39	0.36	0.44
Çizel	0.36	0.49	0.31	0.35	0.33	0.41
Pulluk	0.92	1.26	0.97	1.10	0.95	1.16
Goble/diskaro	0.40	0.54	0.40	0.46	0.40	0.49
Diskli tırmık	0.38	0.52	0.40	0.46	0.39	0.48
Kültivatör	0.62	0.85	0.68	0.77	0.65	0.80
Tapan/merdane	0.39	0.54	0.40	0.46	0.40	0.49
Tahıl ekim makinesi	0.56	0.77	0.64	0.73	0.61	0.75
Üniversal ekim makinası	0.12	0.17	0.11	0.13	0.12	0.14
Santrifüjlü gübre dağıtım makinesi	0.33	0.45	0.43	0.48	0.38	0.47
Gübreli ara çapa makinesi	0.17	0.23	0.14	0.16	0.16	0.19
Döner çapa	0.08	0.11	0.08	0.09	0.08	0.10
İlaçlama makinesi/ pülverizatör	0.77	1.06	0.90	1.02	0.84	1.03
Yem biçme makinesi	0.19	0.26	0.07	0.08	0.12	0.15
Harman makinesi	0.08	0.11	0.07	0.08	0.07	0.09
Biçerdöver	0.07	0.09	0.05	0.05	0.06	0.07
Sapkeseer/sap parçalama makinesi	0.09	0.13	0.09	0.10	0.09	0.11
Römork	1.05	1.44	1.02	1.15	1.03	1.27
Sulama pompası	0.57	0.78	0.37	0.42	0.46	0.56
Diğer	0.42	0.57	0.29	0.32	0.34	0.42
<b>Toplam</b>	<b>7.96</b>	<b>10.89</b>	<b>7.77</b>	<b>8.81</b>	<b>7.85</b>	<b>9.62</b>

**İşletmelerde Kullanılan İlaçlama Makinelerine İlişkin Bilgiler**

İşletmelerin sahip oldukları ilaçlama makinesi sayıları Çizelge 8’de verilmiştir. Birinci gruptaki işletmelerin %94.63’ü, ikinci gruptaki işletmelerin %98.71’i 1 adet ilaçlama makinesine sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Birinci gruptaki işletmelerin %4.70’inde, ikinci gruptaki işletmelerin %0.86’sında 2 adet ilaçlama makinesi bulunduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da 3 adet ilaçlama makinesine sahip olan birer adet işletme bulunmaktadır. Ki kare testi sonucunda, işletmelerin sahip oldukları ilaçlama makinesi sayılarının işletme gruplarına göre %5 anlam düzeyinde ( $p=0.049$ ) değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 8. İşletmelerin ilaçlama makinesi sayılarına göre dağılımı.

İlaçlama makinesi sayısı	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
1	141	94,63	229	98,71	370	97,11
2	7	4,70	2	0,86	9	2,36
3	1	0,67	1	0,43	2	0,52
<b>Toplam</b>	<b>149</b>	<b>100,00</b>	<b>232</b>	<b>100,00</b>	<b>381</b>	<b>100,00</b>

Ki kare: 3,879; p: 0,049

İlaçlama makineleri kullanım alanlarına göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 9). Birinci gruptaki işletmelerin %87.92’si, ikinci gruptaki işletmelerin %92.24’ü tarla pülverizatörleri kullanmaktadır. Birinci gruptaki işletmelerin %3.36’sının tarla ve bahçe pülverizatörlerine sahip olduğu belirlenmiş olup, ikinci grupta bu iki pülverizatör tipini beraber kullanan üreticiye rastlanmamıştır. Her iki grupta da sırt pülverizatörünü kullanan üreticilerin oranı yaklaşık %3 olarak belirlenmiştir. Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışmada (Arı, 2018) işletmelerin ağırlıklı olarak tarla pülverizatörü kullandığı, bunu bahçe pülverizatörü, sırt pülverizatörü ve tarla + bahçe pülverizatörü kullanımının takip ettiği tespit edilmiş olup, araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir. Ki kare testi sonucunda, işletmelerin sahip oldukları ilaçlama makinesi tiplerinin işletme gruplarına göre %5 anlam düzeyinde ( $p=0.021$ ) değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 9. İşletmelerin ilaçlama makinesi tiplerine göre dağılımı.

İlaçlama makinesi tipi	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Tarla pülverizatörü	131	87,92	214	92,24	345	90,55
Bahçe pülverizatörü	8	5,37	11	4,74	19	4,99
Tarla ve bahçe pülverizatörü	5	3,36	0	0,00	5	1,31
Sırt pülverizatörü	5	3,36	7	3,02	12	3,15
<b>Toplam</b>	<b>149</b>	<b>100,00</b>	<b>232</b>	<b>100,00</b>	<b>381</b>	<b>100,00</b>

Ki kare: 9,680; p: 0,021

İşletmelerdeki ilaçlama makinesi varlığı da incelenmiştir (Çizelge 10). Birinci gruptaki işletmelerde toplam 140 tarla, 13 bahçe ve 5 sırt pülverizatörü, ikinci grupta toplam 216 tarla, 13 bahçe ve 7 sırt pülverizatörü bulunmaktadır. Birinci grupta işletme başına 0.94 tarla pülverizatörü, 0.09 bahçe pülverizatörü, 0.03 sırt pülverizatörü düşmektedir. İkinci grupta ise işletme başına düşen tarla, bahçe ve sırt pülverizatörü sayıları sırasıyla 0.93, 0.06 ve 0.03 olarak bulunmuştur.

Çizelge 10. İşletme başına düşen ilaçlama makinesi tipi.

İlaçlama makinesi tipi	1. grup			2. grup			Toplam		
	Toplam	%	Makine/ işletme	Toplam	%	Makine/ işletme	Toplam	%	Makine/ işletme
Tarla	140	88.61	0.94	216	91.53	0.93	356	90.36	0.93
Bahçe	13	8.23	0.09	13	5.51	0.06	26	6.60	0.07
Sırt	5	3.16	0.03	7	2.96	0.03	12	3.04	0.03
<b>Toplam</b>	<b>158</b>	<b>100.00</b>	<b>1.06</b>	<b>236</b>	<b>100.00</b>	<b>1.02</b>	<b>394</b>	<b>100.00</b>	<b>1.03</b>

Çalışmanın bu bölümünde işletmelerde kullanılan pülverizatörlere ilişkin özelliklere yer verilmiştir. Birinci gruptaki tarla pülverizatörlerinin %38.57’si 0-5, %50’si 6-10, %6.43’ü 11-15, %4.29’u 16-20, %0.71’i 21 ve üzeri yaş grubunda yer almaktadır. İkinci grupta ise tarla pülverizatörlerinin %34.72’si 0-5, %45.37’si 6-10, %12.50’si 11-15, %5.09’u 16-20, %2.31’i 21 ve üzeri yaş grubunda yer almaktadır. Akıncı (2003), tarla

pülverizatörlerinin ekonomik ömrünü 10 yıl olarak bildirmiş olup, buna göre ikinci grupta kullanılan tarla pülverizatörlerinin yaklaşık %20'sinin ekonomik ömrünü tamamladığı, birinci grupta ise bu değer %11 civarında olduğu görülmektedir.

Birinci gruptaki bahçe pülverizatörlerinin %38.46'sı 0-5, %46.15'i 6-10, %15.38'i 11-15 yaş grubunda yer almaktadır. İkinci grupta ise bahçe pülverizatörlerinin %23.08'i 0-5, %46.15'i 6-10, %15.38'i 11-15, %15.38'i 16-20 yaş grubunda yer almaktadır. Her iki grupta kullanılan bahçe pülverizatörlerinin çoğunlukla 6-10 yaş grubunda yer aldığı belirlenmiş olup, genel olarak değerlendirildiğinde ise birinci gruptaki pülverizatörlerin daha yeni olduklarını söylemek mümkündür.

Birinci gruptaki sırt pülverizatörlerinin %60'ı 0-5, %20'si 6-10, %20'si 11-15 yaş grubunda yer alırken, ikinci gruptaki sırt pülverizatörlerinin %28.57'si 0-5, %57.14'ü 6-10, %14.29'u 11-15 yaş grubunda yer almaktadır. Birinci grupta kullanılan sırt pülverizatörlerinin çoğunlukla 0-5 yaş grubunda, ikinci grupta kullanılan sırt pülverizatörlerinin ise çoğunlukla 6-10 yaş grubunda yer aldığı belirlenmiş olup, birinci gruptaki pülverizatörlerin daha yeni olduklarını söylemek mümkündür (Çizelge 11).

Çizelge 11. Pülverizatörlerin yaş dağılımı.

Yaş grubu	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Tarla						
0-5	54	38.57	75	34.72	129	36.24
6-10	70	50.00	98	45.37	168	47.19
11-15	9	6.43	27	12.50	36	10.11
16-20	6	4.29	11	5.09	17	4.78
21 +	1	0.71	5	2.31	6	1.69
Bahçe						
0-5	5	38.46	3	23.08	8	30.77
6-10	6	46.15	6	46.15	12	46.15
11-15	2	15.38	2	15.38	4	15.38
16-20	0	0.00	2	15.38	2	7.69
Sırt						
0-5	3	60.00	2	28.57	5	41.67
6-10	1	20.00	4	57.14	5	41.67
11-15	1	20.00	1	14.29	2	16.67

Asılıp tip tarla pülverizatörlerinin toplam içindeki payı birinci grupta %48.58, ikinci grupta %56.48, çekilir tip tarla pülverizatörlerin payı ise birinci grupta %40.71, ikinci grupta %36.57 olarak bulunmuştur. Asılıp tip bahçe pülverizatörlerinin toplam içindeki payı birinci grupta %53.85, ikinci grupta %61.54, çekilir tip bahçe pülverizatörlerin payı ise birinci grupta %46.15, ikinci grupta %38.46 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre, birinci gruptaki tarla ve bahçe pülverizatörlerin kapasitelerinin az da olsa daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür (Çizelge 12).

Çizelge 12. Tarla ve bahçe pülverizatörlerinin traktöre bağlantı şekli.

Traktöre bağlantı şekli	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Tarla						
Asılıp	68	48.57	122	56.48	190	53.37
Yarı asılıp	15	10.71	15	6.94	30	8.43
Çekilir	57	40.71	79	36.57	136	38.20
Bahçe						
Asılıp	7	53.85	8	61.54	15	57.69
Çekilir	6	46.15	5	38.46	11	42.31

Birinci grupta kullanılan tarla pülverizatörlerinin %17.14'ünün depo kapasitesi 200-400 l, %37.14'ünün 401-600 l, %22.14'ünün 601-800 l, %23.57'sinin 801-1000 l arasındadır. İkinci gruptaki tarla pülverizatörlerin %21.76'sinin depo kapasitesi 200-400 l, %35.65'inin 401-600 l, %19.91'inin 601-800 l, %20.83'ünün 801-1000 l



arasında, %1.85'inin ise 1000 l üzerindedir. Her iki grupta da 401-600 l depo kapasitesine sahip pülverizatörlerin oranı daha yüksek olup, bu sonuç Arı (2018) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışma sonucuyla benzerlik göstermektedir.

Birinci grupta kullanılan bahçe pülverizatörlerinin %53.85'inin depo kapasitesi 401-600 l, %7.69'unun 601-800 l, %23.08'inin 801-1000 l arasında, %15.38'inin ise 1000 l üzerindedir. İkinci gruptaki bahçe pülverizatörlerin %15.38'inin depo kapasitesi 200-400 l, %23.08'inin 401-600 l, %30.77'sinin 601-800 l, %7.69'unun 801-1000 l arasında, %23.08'inin ise 1000 l üzerindedir. Her iki gruptaki işletmelerde asılır tip tarla ve bahçe pülverizatör kullanım oranı daha yüksek olup (Çizelge 12), depo kapasiteleri de bunu doğrulamaktadır. Birinci grupta kullanılan sırt pülverizatörlerinin %20'sinin depo kapasitesi 1-10 l, %60'ının 11-20 l arasında, %20'sinin ise 20 l üzerindedir. İkinci gruptaki pülverizatörlerin %57.14'ünün depo kapasitesi 1-10 l, %28.57'sinin 11-20 l arasında, %14.29'unun ise 20 l üzerindedir (Çizelge 13).

Çizelge 13. Pülverizatörlerin depo kapasitelerine göre dağılımı.

Depo kapasitesi (l)	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
200-400	24	17.14	47	21.76	71	19.94
401-600	52	37.14	77	35.65	129	36.24
601-800	31	22.14	43	19.91	74	20.79
801-1000	33	23.57	45	20.83	78	21.91
1001+	0	0.00	4	1.85	4	1.12
<b>Bahçe</b>						
200-400	0	0.00	2	15.38	2	7.69
401-600	7	53.85	3	23.08	10	38.46
601-800	1	7.69	4	30.77	5	19.23
801-1000	3	23.08	1	7.69	4	15.38
1001+	2	15.38	3	23.08	5	19.23
<b>Sırt</b>						
1-10	1	20.00	4	57.14	5	41.67
11-20	3	60.00	2	28.57	5	41.67
21+	1	20.00	1	14.29	2	16.67

İşletmelerde kullanılan tarla, bahçe ve sırt pülverizatörlerinin depo malzemeleri incelendiğinde her iki grupta da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tarla pülverizatörlerinin yaklaşık %70'ünün depo malzemelerinin plastik, %21'inin polyester ve yaklaşık %7'sinin galveniz olduğu görülmüştür. Bahçe pülverizatörlerinin yaklaşık %65'inin depo malzemelerinin plastik, %35'inin ise polyester olduğu görülmüştür. Her iki işletme grubunda da sırt pülverizatörlerin depo malzemelerinin çoğunlukla plastik olduğu görülmüştür. Arı (2018) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışmada da pülverizatörlerin depo malzemelerinin çoğunlukla plastik olduğu belirlenmiş olup, araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir (Çizelge 14).

Çizelge 14. Pülverizatörlerin depo malzemesi.

Depo malzemesi	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
Plastik	100	71.43	152	70.37	252	70.79
Polyester	30	21.43	47	21.76	77	21.63
Galveniz	10	7.14	17	7.87	27	7.58
<b>Bahçe</b>						
Plastik	9	69.23	8	61.54	17	65.38
Polyester	4	30.77	5	38.46	9	34.62
<b>Sırt</b>						
Plastik	4	80.00	6	85.71	10	83.33
Polyester	1	20.00	1	14.29	2	16.67

İşletmelerde kullanılan tarla pülverizatörlerinin karıştırıcı tipleri incelendiğinde her iki grupta da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Birinci gruptaki tarla pülverizatörlerinin %45.71'inin karıştırıcı tiplerinin mekanik, %54.29'unun hidrolik olduğu belirlenirken, ikinci grupta mekanik karıştırıcı tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı %41.20, hidrolik karıştırıcı tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı ise %58.80 olarak bulunmuştur.

Hidrolik karıştırıcı tipine sahip bahçe pülverizatörlerinin oranı birinci grupta %53.85, ikinci grupta %61.54 olarak bulunmuştur. Arı (2018) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışmada da hidrolik karıştırıcı tipine sahip olan tarla ve bahçe pülverizatörlerinin oranı daha yüksek olup, araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir. Hidrolik karıştırıcı tipine sahip sırt pülverizatörlerinin oranı birinci grupta %80, ikinci grupta %71.43 olarak bulunmuştur (Çizelge 15).

Çizelge 15. İşletmelerde kullanılan pülverizatörlerin karıştırıcı tipleri.

Karıştırıcı tipi	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
Mekanik	64	45.71	89	41.20	153	42.98
Hidrolik	76	54.29	127	58.80	203	57.02
<b>Bahçe</b>						
Mekanik	6	46.15	5	38.46	11	42.31
Hidrolik	7	53.85	8	61.54	15	57.69
<b>Sırt</b>						
Mekanik	1	20.00	2	28.57	3	25.00
Hidrolik	4	80.00	5	71.43	9	75.00

İşletmelerde kullanılan pülverizatörlerin pompa tipleri de belirlenmiştir. Birinci gruptaki tarla pülverizatörlerinin %60.71'inin pompa tiplerinin pistonlu, %39.29'unun membranlı olduğu belirlenirken, ikinci grupta pistonlu pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı %55.09, membranlı pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı ise %44.91 olarak bulunmuştur. Birinci gruptaki bahçe pülverizatörlerinin %76.92'sinin pompa tiplerinin pistonlu, %23.08'inin membranlı olduğu belirlenirken, ikinci grupta pistonlu pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı %84.62, membranlı pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı ise %15.38 olarak bulunmuştur.

Birinci gruptaki sırt pülverizatörlerinin %80'inin pompa tiplerinin pistonlu, %20'sinin membranlı olduğu belirlenirken, ikinci grupta pistonlu pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı %71.43, membranlı pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı ise %28.57 olarak bulunmuştur. Arı (2018) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışmada da pistonlu pompa tipine sahip olan pülverizatörlerin oranı daha yüksek olup, araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir (Çizelge 16). Birinci gruptaki tarla pülverizatörlerinin %31.43'ünün püskürtme çubuğu uzunluğu 5-10 m, %57.14'ünün 11-15 m, %10'unun 16-20 m ve %1.43'ünün ise 21 m üzerinde olduğu belirlenmiştir. İkinci gruptaki tarla pülverizatörlerinin ise %31.94'ünün püskürtme çubuğu uzunluğu 5-10 m, %51.85'inin 11-15 m, %10'unun 16-20 m ve %1.43'ünün ise 21 m üzerinde olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da tarla pülverizatörlerinin püskürtme çubuğu uzunluğunun çoğunlukla 11-20 m aralığında olduğu görülmekte olup, bu sonuç Arı (2018) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışmada sonucuyla benzerlik göstermektedir. Birinci gruptaki bahçe pülverizatörlerinin %69.23'ünün püskürtme çubuğu uzunluğu 5-10 m, %15.38'inin 11-15 m, %15.38'inin 16-20 m arasında olduğu belirlenmiştir. İkinci gruptaki bahçe pülverizatörlerinin ise %84.62'sinin püskürtme çubuğu uzunluğu 5-10 m, %7.69'unun 11-15 m, %7.69'unun 16-20 m arasında olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da bahçe pülverizatörlerinin püskürtme çubuğu uzunluğunun çoğunlukla 5-10 m aralığında olduğu görülmüştür.

Çizelge 16. İşletmelerde kullanılan pülverizatörlerin pompa tipleri.

Pompa tipi	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
Pistonlu	85	60.71	119	55.09	204	57.30
Membranlı	55	39.29	97	44.91	152	42.70
<b>Bahçe</b>						
Pistonlu	10	76.92	11	84.62	21	80.77
Membranlı	3	23.08	2	15.38	5	19.23
<b>Sırt</b>						
Pistonlu	4	80.00	5	71.43	9	75.00
Membranlı	1	20.00	2	28.57	3	25.00

Birinci gruptaki sırt pülverizatörlerinin %60'ünün püskürtme çubuğu uzunluğu 1-5 m, %40'ünün 6-10 m arasında olduğu belirlenmiştir. İkinci gruptaki sırt pülverizatörlerinin ise %57.14'ünün püskürtme çubuğu uzunluğu 1-5 m, %42.86'sinin 6-10 m arasında olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da sırt pülverizatörlerinin püskürtme çubuğu uzunluğunun çoğunlukla 1-5 m aralığında olduğu görülmüştür (Çizelge 17).

Tarla pülverizatörlerinin meme sayıları incelendiğinde, birinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin %10.71'inin meme sayısı 10-15 adet, %46.43'ünün 16-20 adet, %27.14'ünün 21-25 adet, %6.43'ünün 26-30 adet arasında olup, %9.29'unun 31 üzeri memeye sahip olduğu belirlenmiştir. İkinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin %12.96'sinin meme sayısının 10-15 adet, %41.20'sinin 16-20 adet, %31.48'inin 21-25 adet, %4.17'sinin 26-30 adet arasında olduğu, %10.19'unun 31 üzeri memeye sahip olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da tarla pülverizatörünün meme sayılarının büyük çoğunluğunun 16-20 adet arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Birinci gruptaki işletmelerdeki bahçe pülverizatörlerin %30.77'sinin meme sayısı 10-15 adet, %46.15'inin 16-20 adet, %23.08'inin 21-25 adet arasında, ikinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin %38.46'sinin meme sayısının 10-15 adet, %61.54'ünün 16-20 adet arasında olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da bahçe pülverizatörünün meme sayılarının büyük çoğunluğunun 16-20 adet arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Birinci gruptaki işletmelerdeki sırt pülverizatörlerin %20'sinin meme sayısı 1-5 adet, %20'sinin 6-10 adet, %60'ünün 11-15 adet arasında, ikinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin ise %28.57'sinin meme sayısının 1-5 adet, %71.43'ünün 6-10 adet arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 18).

Çizelge 17. İşletmelerde kullanılan pülverizatörlerin püskürtme çubuğu uzunluğu.

Püskürtme çubuğu uzunluğu (m)	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
5-10	44	31.43	69	31.94	113	31.74
11-15	80	57.14	112	51.85	192	53.93
16-20	14	10.00	32	14.81	46	12.92
21+	2	1.43	3	1.39	5	1.40
<b>Bahçe</b>						
5-10	9	69.23	11	84.62	20	76.92
11-15	2	15.38	1	7.69	3	11.54
16-20	2	15.38	1	7.69	3	11.54
<b>Sırt</b>						
1-5	3	60.00	4	57.14	7	58.33
6-10	2	40.00	3	42.86	5	41.67

Tarla pülverizatörlerinin meme sayıları incelendiğinde, birinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin %10.71'inin meme sayısı 10-15 adet, %46.43'ünün 16-20 adet, %27.14'ünün 21-25 adet, %6.43'ünün 26-30 adet arasında olup, %9.29'unun 31 üzeri memeye sahip olduğu belirlenmiştir. İkinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin %12.96'sinin meme sayısının 10-15 adet, %41.20'sinin 16-20 adet, %31.48'inin 21-25 adet, %4.17'sinin 26-30 adet arasında olduğu, %10.19'unun 31 üzeri memeye sahip olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da tarla pülverizatörünün meme sayılarının büyük çoğunluğunun 16-20 adet arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Birinci gruptaki işletmelerdeki bahçe pülverizatörlerin %30.77'sinin meme sayısı 10-15 adet, %46.15'inin 16-20 adet, %23.08'inin 21-25 adet arasında, ikinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin %38.46'sinin meme sayısının 10-15 adet, %61.54'ünün 16-20 adet arasında olduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da bahçe pülverizatörünün meme sayılarının büyük çoğunluğunun 16-20 adet arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Birinci gruptaki işletmelerdeki sırt pülverizatörlerin %20'sinin meme sayısı 1-5 adet, %20'sinin 6-10 adet, %60'ünün 11-15 adet arasında, ikinci gruptaki işletmelerdeki pülverizatörlerin ise %28.57'sinin meme sayısının 1-5 adet, %71.43'ünün 6-10 adet arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 18).

Birinci gruptaki tarla pülverizatörlerinin %52.86'sinin konik tip, %37.14'ünün yelpaze tip memeye sahip olduğu, %10'unun ise döner diskli olduğu görülmektedir. Konik tip memeye sahip tarla pülverizatörlerinin oranı ikinci grupta %44.44, yelpaze tip memeye sahip pülverizatörlerin oranı ise %48.61 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 18. İşletmelerde kullanılan pülverizatörlerin meme sayısı.

Meme sayısı (adet)	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
10-15	15	10.71	28	12.96	43	12.08
16-20	65	46.43	89	41.20	154	43.26
21-25	38	27.14	68	31.48	106	29.78
26-30	9	6.43	9	4.17	18	5.06
31 +	13	9.29	22	10.19	35	9.83
<b>Bahçe</b>						
10-15	4	30.77	5	38.46	9	34.62
16-20	6	46.15	8	61.54	14	53.85
21-25	3	23.08	0	0.00	3	11.54
<b>Sırt</b>						
1-5	1	20.00	2	28.57	3	25.00
6-10	1	20.00	5	71.43	6	50.00
11-15	3	60.00	0	0.00	3	25.00

Çizelge 19. İşletmelerde kullanılan pülverizatörlerin meme tipleri

Meme tipi	1. grup		2. grup		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
<b>Tarla</b>						
Konik	74	52.86	96	44.44	170	47.75
Yelpaze	52	37.14	105	48.61	157	44.10
Döner diskli	14	10.00	15	6.94	29	8.15
<b>Bahçe</b>						
Konik	7	53.85	9	69.23	16	61.54
Yelpaze	3	23.08	2	15.38	5	19.23
Döner diskli	3	23.08	2	15.38	5	19.23
<b>Sırt</b>						
Konik	3	60.00	2	28.57	5	41.67
Yelpaze	2	40.00	5	71.43	7	58.33

Birinci gruptaki bahçe pülverizatörlerinin %53.85'inin konik tip, %23.08'inin yelpaze tip memeye sahip olduğu, %23.08'inin döner diskli olduğu görülmektedir. Konik tip memeye sahip bahçe pülverizatörlerinin oranı ikinci grupta %69.23, yelpaze tip memeye sahip pülverizatörlerin oranı ise %15.38, döner diskli pülverizatörlerin oranı ise %15.38 olarak belirlenmiştir. Arı (2018) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde yapılan çalışmada da konik meme tipine sahip olan bahçe pülverizatörlerinin oranı daha yüksek olup, araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir.

Birinci gruptaki sırt pülverizatörlerinin %60'ının konik tip, %40'ının yelpaze tip memeye sahip olduğu belirlenirken, konik tip memeye sahip sırt pülverizatörlerinin oranı ikinci grupta %28.57, yelpaze tip memeye sahip pülverizatörlerin oranı ise %71.43 olarak belirlenmiştir (Çizelge 19).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Her iki grupta yer alan üreticilerin ağırlıklı olarak tarla bitkileri yetiştiriciliği yaptığı, ayrıca birinci grupta yer alan işletmelerde bahçe bitkileri yetiştiriciliğinin daha yoğun olduğu görülmüştür. İkinci grupta bitkisel üretimin yanı sıra hayvancılık faaliyeti ile uğraşan işletmeye rastlanmamıştır. Tüm işletmelerde en az bir traktör olduğu görülmüştür. Birinci gruptaki işletmelerde toplam 204 adet traktör, 1622 adet tarımsal alet ve makine, ikinci grupta toplam 263 adet traktör, 2044 adet tarımsal alet ve makine bulunduğu belirlenmiştir. Her iki grupta da toplam alet makine içinde en yüksek payı sırasıyla römork, pulluk ve ilaçlama makineleri almakta olup, en düşük pay ise biçerdövere aittir. Her iki işletme grubunda işletme başına düşen römork, kulaklı pulluk ve ilaçlama makinesi sayısının 1'den fazla olduğu belirlenmiştir.

Birinci gruptaki işletmelerde toplam 140 tarla, 13 bahçe ve 5 sırt pülverizatörü, ikinci grupta toplam 216 tarla, 13 bahçe ve 7 sırt pülverizatörü bulunmaktadır. İkinci grupta kullanılan tarla pülverizatörlerinin yaklaşık %20'sinin ekonomik ömrünü tamamladığı, birinci grupta ise bu değer %11 civarında olduğu belirlenmiştir. Çekilir tip tarla ve bahçe pülverizatörlerinin payı birinci grupta daha yüksek bulunmuş olup, bu gruptaki pülverizatör kapasitelerinin daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür.

Araştırma alanında işletmelerin büyük çoğunluğunda kuyruk milinden hareketli ilaçlama makinelerinin varlığı, üreticilerin kimyasal mücadeleye önem verdiklerini göstermektedir. İşletmelerin öncelikle ilaçlama öncesi ve sonrasında makinelerin kalibrasyon ve temizliğine dikkat etmeleri önem arz etmektedir. Bölgedeki ilaçlama makinelerinin iş genişliğinin fazla olmadığı belirlenmiştir. İş genişliğinin geniş olması arazide engebeden kaynaklı salınımı azaltmaktadır. Buna göre işletmelerin ilaçlama makinelerindeki püskürtme çubuğu uzunluğunu arttırması önerilmektedir.

**Bilgi:** Bu çalışma Bahar SEYFİOĞLU'nun Yüksek Lisans tezinden derlenmiştir.

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

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

## KAYNAKLAR

- Akinci, İ. 2003. Antalya ili sulu tarım tarla işletmelerinde mekanizasyon planlamasına yönelik temel işletmecilik verileri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (1): 61-68.
- Arı, Z. 2018. Doğu Akdeniz Bölgesi Tarım İşletmelerinde Kullanılan İlaçlama Makinelerinin Teknik ve Uygulama Özellikleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- ASAE. 2000. ASAE Standards D497.4: Agricultural Machinery Management Data.
- Çelik, N. 2000. Tarımda Girdi Kullanımı ve Verimliliğe Etkileri. İktisadi Sektörler ve Koordinasyonlar Genel Müdürlüğü Tarım Dairesi, Devlet Planlama Teşkilatı Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Evcim, H. Ü., Tekin, A. B., Gülsoylu, E., Demir, V., Yürdem, H., Güler, H., Bilgen, H., Alayunt, F. ve Evrenosoğlu, M. 2015. Tarımsal mekanizasyon durumu, sorunları ve çözüm önerileri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Ankara.
- FAO. 2022. Pesticide indicators. [https://www.fao.org/faostat/en/#data Sustainability indicators/ Pesticide indicators](https://www.fao.org/faostat/en/#data/Sustainability%20indicators/Pesticide%20indicators). Erişim Tarihi: 15 Ekim 2022.
- Hair, J.F., Anderson, R.E. ve Tatham, R.L. 1998. Multivariate Data Analysis. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.
- Korucu, T., Aybek, A. ve Sivrikaya, F., 2015, Türkiye'nin tarım bölgeleri bazında mekanizasyon düzeyinin yersel değişim haritalarının oluşturulması ve değerlendirilmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 18 (4): 77-90.
- Newbold, P. 1995. Statistics for Business and Economics. Prentice-Hall International, New Jersey.
- Şahin, Y. 2019. Konya İli Çumra İlçesi Tarım İşletmelerinde Kullanılan Pülverizatörlerin Mevcut Durumunun ve Kullanım Sorunlarının Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Tatlidil, H. 2002. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz. Akademi Matbaası, Ankara.
- Tezer, E. ve Zeren, Y. 1986. Tarımsal Mekanizasyon II. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu Yayınları No: 107, Adana.
- TÜİK, 2022a. Tarımsal alet ve makine istatistikleri. <http://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim Tarihi: 30 Ekim 2022.
- TÜİK, 2022b. Bitkisel üretim istatistikleri. <http://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim Tarihi: 30 Ekim 2022.
- Ünal H. G. 2006. Kastamonu'da pancar üreticilerinin mekanizasyon durumları ve tarımsal uygulamaların belirlenmesi üzerine bir araştırma. Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (1): 9-16.
- Ürkmez, Ü. 2013. Tarım İşletmelerinde Kullanılan Bitki Koruma Alet ve Makinelerinin Teknik Özellikleri ve Uygulama Sorunlarının Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

## COVID-19 ve Fonksiyonel Gıda Tüketim Durumları: Adana İli Örneği

Emine İKİKAT TÜMER<sup>1\*</sup> , Ceren KOŞAR<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tarımsal Yayım Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğü, Kahramanmaraş

\*Sorumlu Yazar: [etumer@ksu.edu.tr](mailto:etumer@ksu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 05.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 14.06.2023 Kabul Tarihi: 14.06.2023

### ÖZ

Dünyayı etkileyen COVID-19 salgını, 2019 yılı Aralık ayında Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkmış ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir. Dünya tarihinde salgın dönemleri toplumların tüketim alışkanlıklarını değiştirmiş ve geliştirmiştir. Bu dönemlerde bağışıklık sistemini güçlü tutmak, virüse yakalanılması durumunda hastalık dönemini kolay geçirmek isteyen bireylerin takviye ve fonksiyonel gıda tüketimleri artmıştır. Bu gıdalar çok sayıda hastalığı önlemek, büyümeyi hızlandırmak ve bağışıklığı arttırmak için kullanılmakta ve yeterli miktarda, düzenli olarak alındığında sağlığa faydalıdır. Bu çalışmada Adana ilinde hanehalkının COVID-19 pandemi döneminde fonksiyonel gıda tüketimlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Adana ilinde 384 tüketici ile anket yapılmıştır. Elde edilen verilere göre araştırma bölgesinde bireylerin %59.9'u pandemi döneminde fonksiyonel gıda, %67.8'i takviye gıda ve %42.4'ü organik gıda tüketmişlerdir. Anket verilerinin değerlendirilmesinde Ki-kare testi kullanılmıştır. Test sonucuna göre bireylerin fonksiyonel gıda tüketimlerinde medeni durum, yaş, sağlıklı yaşama önem verme, düzenli olarak spor yapma, kronik hastalığı olma, yakın akrabalarından birinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu, ankete katılan kişinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu, takviye gıda ve organik gıda tüketme ile pandemi koşullarına uyum sağlama durumu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pandemi dönemi ve sonrasında sağlıklı bir toplum olmak için bireylerin, fonksiyonel gıda ve bu gıdaların tüketimi konusunda yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından bilgilendirilmesi önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** COVID-19, Fonksiyonel gıda, Ki-kare testi, Pandemi, Tüketici davranışı.

## COVID-19 and Functional Food Consumption: The Case of Adana Province

### ABSTRACT

COVID-19, which affects the world, emerged in Wuhan, China in December 2019 and was declared a pandemic by the World Health Organization. Epidemic periods in world history have changed and improved the consumption habits and behaviours of societies. In these periods, the consumption of supplements and functional foods has increased for individuals who want to keep their immune system strong and pass the disease period easily in case of being infected with the virus. These foods are used to prevent many diseases, accelerate growth and increase immunity, and are beneficial for health when taken regularly in adequate amounts. In this study, it was aimed to determine the factors affecting the functional food consumption of households in Adana during the COVID-19 pandemic period. For this purpose, a survey was conducted with 384 consumers in Adana. According to the data obtained, 59.9% of the individuals in the research region consumed functional food, 67.8% consumed supplemental food and 42.4% organic food during the pandemic period. Chi-square test was used to evaluate the survey data. According to the test results, marital status, age, giving importance to healthy life, doing sports regularly, having a chronic disease, catching the COVID-19 virus of one of the close relatives, catching the COVID-19 virus of the person participating in the survey, supplementary food and organic food consumption in the functional food consumption of the individuals. consuming food and adapting to pandemic conditions

were found to be statistically significant. In order to be a healthy society during and after the pandemic, it is important for individuals to be informed about functional food and the consumption of these foods by authorized institutions and organizations.

**Key words:** COVID-19, Functional food, Chi-square test, Pandemic, Consumer behaviour.

## GİRİŞ

İnsanlık tarihinde salgın hastalıklar birçok kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. 2002 yılında koronavirüs ailesinden olan, “Ağır Akut Solunum Yolu Yetersizliği (SARSCoV)” hastalığı, ilk olarak Çin’de görülmüş ve Asya ülkelerinde sosyal ve ekonomik problemlere neden olmuştur. 2009 yılında ise H1N1 virüsü ortaya çıkmış ve yaklaşık 400 000 insanın ölümü ile sonuçlanmıştır. Suudi Arabistan’da 2012 yılında gözlemlenen “Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS-CoV)”, 2014 yılında Batı Afrika’da, yarasa, goril ve şempanzeden insana bulaştığı varsayılan “Ebola virüsü” bölgede çok sayıda insanı olumsuz etkilemiştir. 2015 yılında Brezilya’da ortaya çıkan ve dünyanın birçok ülkesinde görülen, toplumlar arasında paniğe yol açan “Zika virüsü” özellikle hamile kadınlara ve anne rahmindeki bebeklere büyük zarar vermiştir. Madagaskar’da 2017 yılında ortaya çıkan veba salgınında ise 209 kişi hayatını kaybetmiştir (Gire ve ark., 2014; Petersen, ve ark., 2016; WHO, 2018). Yakın tarihte gözlemlenen COVID-19 salgını, Çin’in Wuhan kentinde 2019 yılı Aralık ayında ortaya çıkmıştır. Yüzyılın en yaygın ve etkili salgını oluşu nedeniyle 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir. İnsanlarda, birkaç koronavirüsün soğuk algınlığı başta olmak üzere “Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS)” ve “Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS)” gibi birçok şiddetli hastalıklara kadar solunum yolu enfeksiyonlarına neden olduğu ispatlanmıştır. COVID-19 virüsünden en fazla etkilenenler; 60 yaş üstü bireyler, kronik hastalığı olanlar, akciğer ve kalp hastalığı olanlar ve sağlık personelleridir. Virüsün dünya, hatta ülke geneline hızla yayılması ile tam kapanma dönemine geçilmiştir. Bu süreçte bireyler maske kullanarak, kalabalık yerlerden uzak durarak, temizlik ve hijyene dikkat ederek virüsün bulaşıcılığını azaltmaya çalışmışlardır. Tüm bu çabalara rağmen pandemi döneminde dünyada yaklaşık 687 milyon kişi COVID-19 virüsüne yakalanmış ve 6.9 milyon kişi hayatını kaybetmiştir. Türkiye’de ise 17 milyon kişi virüse yakalanmış ve 102 bin kişi hayatını kaybetmiştir (DSÖ, 2023).

Bu dönemde, COVID-19 virüsüne yakalanmak istemeyen ya da hastalık sürecini daha kolay geçirmek isteyen tüketicilerin gıda satın alma davranışları değişim göstermiş, takviye edici ve fonksiyonel gıdalara (Functional Food=FF) olan talep artmıştır (Chandra, 1996; Aday ve Aday, 2020; Lange, 2021). FF talebinin artışında sosyal medya, televizyon, radyo, gazete, internet gibi birçok iletişim kanalı etkili olmaktadır (Özçiçek Dölekoğlu, ve ark., 2015). Pandeminin yoğun şeklide yaşandığı özellikle tam kapanma dönemlerinde bireyler sosyal medya hesapları ve interneti aktif olarak kullanmışlardır. Bireyler doğruluğu kanıtlanmamış bilgileri de sosyal medya hesapları ve internet sayfalarında paylaşarak panik etkisi oluşturmuşlardır. Bunun yanı sıra bu hesaplarda, yazılı, görsel ve işitsel basın yayın organlarında konunun uzmanları virüse yakalanmama, yakalanılması durumunda virüs ile mücadele yöntemleri hakkında ayrıntılı bilgiler vermişlerdir. Bu bilgiler arasında bireylerin en fazla önem verdiği konulardan birisi bağışıklığı güçlü tutmak için sağlıklı ve dengeli beslenmedir. Sağlıklı beslenmek için bireyler organik gıda, takviye edici gıda ve fonksiyonel gıdalara yönelmişlerdir.

FF kavramı 1980’li yıllarda ilk kez Japonya’da gündeme gelmiştir. Türkiye’de 2000’li yıllardan itibaren gündeme gelen fonksiyonel gıdalar, bireylerin sağlıklı ve uzun yaşama isteğinin artması ile birlikte önem kazanmıştır. Fonksiyonel gıdaların kabul görmüş bir tanımı olmamakla birlikte “içerdiği geleneksel besinlerin ötesinde bir sağlık yararı sağlayabilecek şekilde değiştirilmiş gıda veya gıda bileşeni” (Thomas ve Earl, 1994) ve Amerikan Diyetetik Derneği tarafından “bütün, güçlendirilmiş, zenginleştirilmiş veya geliştirilmiş gıdalar” (American Dietetic Association, 1999) olarak tanımlanmaktadır. Fonksiyonel gıdalar; ilaç, hap, kapsül, besin takviyesi vb. gibi formlarda olmayıp mevcut meyve, sebze, tahıl, içecek, takviye edici gıdalar, zenginleştirilmiş ve geliştirilmiş gıdalar gibi besinlerden oluşmaktadır. Amerikan Diyetetik Derneği’nin tanımına göre fonksiyonel gıda; içeriği artırılmış (probiyotik yoğurt, omega-3 içeren yağlar, iyotlu tuz gibi) ve içeriği azaltılmış (laktosuz süt, düşük sodyumlu tuz, glutensiz gıdalar gibi) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Han ve Hoang, 2020). Bununla birlikte bu gıdalar, çok sayıda hastalığı önlemek, büyümeyi hızlandırmak ve bağışıklığı arttırmak için kullanılmakta (Aparicio-Soto, ve ark., 2016; Butnariu ve Sarac, 2019) ve yeterli miktarda, düzenli olarak alındığında sağlığa faydalıdır (Kaur ve Das, 2011). Özellikle COVID-19 pandemi döneminde gıda tüketim bilinci gelişen bireyler; fiyatı ucuz, uygun miktarlarda tüketildiğinde yan etkisi olmayan, kolay ulaşılabilecekleri ve tüketebilecekleri bu gıdaları daha fazla tüketmeye başlamışlardır.

Dünya genelinde etkisini gösteren COVID-19 pandemi döneminde tüketicilerin fonksiyonel gıdalara yönelik tutum ve davranışları (Sheth, 2020; Kamarlı Altun ve ark., 2020), FF tüketimi (Lange, 2021; Coşansu Akdemir ve ark., 2022), COVID-19 döneminde fonksiyonel gıdanın önemi (Singh, ve ark., 2020; Hamid ve Thakur,

2021), fonksiyonel gıdanın bağışıklığa etkisi (Han ve Hoang, 2020), COVID-19 ile mücadelede FF (Farzana ve ark., 2022), pandemi öncesi ve sonrası öğrencilerin FF kullanım düzeylerinin belirlenmesi (Dost ve ark., 2021) yapılan çalışmalar arasındadır. Cebeci ve Mankan (2022), İstanbul ilinde tüketicilerin fonksiyonel gıdalara yönelik bilgi düzeyleri, farkındalık durumları hakkında görüşlerini ölçmeyi amaçlamışlardır. Yapılan çalışmalarda hanehalkının FF tüketim davranışında etkili olan tüketici özelliklerine rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada Adana ilinde hanehalkının pandemi döneminde fonksiyonel gıda tüketimlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışmanın ana materyalini, Oransal Örnekleme yöntemi (Newbold, 1995) ile belirlenen 384 tüketici ile online yapılan anketler oluşturmaktadır. Çalışmanın ikincil verilerini ise ulusal ve uluslararası yayınlanmış olan tezler, makaleler, araştırma raporları oluşturmaktadır.

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot \sigma_p^2 + p \cdot q} \cong 384$$

Formülde; n: Örnek büyüklüğü, N: Popülasyondaki tüketici sayısı (2363373),  $\sigma_p^2$ : Oranın varyansı (0.0007), r: Ortalamadan izin verilen hata payı (%5),  $Z_{\alpha/2}$ : z cetvel değeri, p: İncelenen olayın meydana gelme olasılığını ve q: İncelenen olayın meydana gelmeme olasılığını göstermektedir. Araştırmada %95 güven aralığında (z=1.96) ve ortalamadan %5 sapma ile anket yapılacak tüketici sayısı 384 olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın anket formunda hanehalkının sosyo demografik, ekonomik özellikleri, pandemi dönemi öncesi ve pandemi dönemdeki alışkanlıklar, harcama durumlarındaki değişiklikler ve COVID 19 virüsüne yakalanma durumları ile ilgili sorular yer almaktadır. Anketler 2020-2021 yılı Nisan-Haziran ayları arasında gerçekleştirilmiştir.

## Karşılaştırmalı Analizler

### Ki-kare

Ki-kare testi, gözlenen ve beklenen frekanslar arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olup olmadığı temeline dayanır. Ki-kare testinde, değişkenlerin kesikli olması gerekmektedir. Ancak, ölçümle belirlenen sürekli değişkenler, yüzdelik ifadeler derece ya da gruplara ayrılarak Ki-kare testinde analize hazır hale getirilir. Ki-kare testi ile iki ya da daha çok grup arasında fark olup olmadığı, iki değişken arasında bağ olup olmadığını ve gruplar arası homojenlik test edilebilir (Kalaycı, 2009).

Araştırmada bireylerin FF tüketme durumlarını etkileyen sosyo-demografik, ekonomik değişkenler ile sağlıklı yaşama önem verme, düzenli olarak spor yapma, kronik hastalığı olma, yakın akrabalarından birinin ve ankete katılan kişinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu, takviye gıda tüketme, organik gıda tüketme ve pandemi koşullarına uyum sağlama durumu Ki-kare bağımsızlık testi yapılarak değerlendirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Ankete katılanların %52.9'u erkek, %67.7'si evli, %33.6'sı üniversite ve %28.1'i lise mezunudur. Katılımcıların %69.8'i sigara kullanmazken %28.9'u düzenli olarak spor yapmaktadır. Ankete katılanların %20.8'i kronik hastalığı nedeniyle düzenli olarak ilaç kullanmaktadır. Hanehalkının %32.8'i bu güne kadar edindikleri alışkanlıklardan kolay vazgeçebileceklerini ve %67.2'si alışkanlıklardan kolay vazgeçemeyeceklerini belirtmişlerdir (Çizelge 1). Antalya ilinde yapılan çalışmada tüketicilerin %11.8'inin erkek, %40.9'unun evli, %29.3'ünün üniversite mezunu olduğu ve %16.4'ünün sigara kullandığı tespit edilmiştir (Kamarlı Altun ve ark., 2020). İstanbul ilinde yapılan çalışmada ise ankete katılanların %67.5'i erkek, %66.5'i üniversite mezunu olarak belirlenmiştir (Cebeci ve Mankan, 2022).



Çizelge 1. Hanehalkının sosyo-demografik özellikleri

		N	%
Cinsiyet	Kadın	181	47.1
	Erkek	203	52.9
	Toplam	384	100.0
Medeni durum	Bekar	124	32.3
	Evli	260	67.7
	Toplam	384	100.0
Eğitim	İlkokul	76	19.8
	Ortaokul	49	12.8
	Lise	108	28.1
	Üniversite	129	33.6
	Lisansüstü	22	5.7
	Toplam	384	100.0
Sigara kullanma durumu	Hayır	268	69.8
	Evet	116	30.2
	Toplam	384	100.0
Düzenli olarak spor yapma	Hayır	273	71.1
	Evet	111	28.9
	Toplam	384	100.0
Kronik hastalık	Hayır	304	79.2
	Evet	80	20.8
	Toplam	384	100.0
Alışkanlıklardan kolay vazgeçme durumu	Hayır	258	67.2
	Evet	126	32.8
	Toplam	384	100.0

Ankete katılanlar ortalama 37.70 yaşında olup, hanehalkı 4.31 kişiden oluşmakta ve ailede çalışan birey sayısı ortalama 1.53 kişidir. Tüketicilerin ailelerinde gelir getiren (emekli maaşı, burs gibi) birey sayısı ortalama 1.77 kişi olarak belirlenmiştir. Ankete katılanların aylık ortalama gelirleri 6010.38 TL/ay, aylık gıda harcamaları 1466.93 TL/ay ile temizlik ve kişisel bakım ürünleri harcamasının aylık harcama içerisindeki payı %12.81 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Hanehalkının sosyo-ekonomik özellikleri

	Ortalama	Std. Sapma
Yaş	37.70	11.81
Birey	4.31	1.54
Ailede çalışan birey sayısı	1.53	0.88
Ailede gelir getiren birey sayısı	1.77	0.91
Gelir (TL/ay)	6010.38	4939.48
Gıda harcaması (TL/ay)	1466.93	978.20
Temizlik ve kişisel bakım ürünleri harcamasının aylık harcama içerisindeki payı (%)	12.81	7.96

Pandemi döneminde hanehalkının %57.0'si gıda ve %72.4'ü temizlik ve kişisel bakım ürünlerine yaptığı harcamanın arttığını belirtmişlerdir (Çizelge 3). Türkiye genelinde yapılan çalışmada, bireylerin %74.7'sinin salgınla birlikte temizlik ve kişisel bakım ürünleri harcamalarında artış olduğunu tespit etmişlerdir. Salgın öncesi dönemde bireylerin aylık temizlik ve kişisel bakım ürünleri harcamaları 300 TL'den daha fazla olanların oranı %28.9 iken bu oranın salgın döneminde %50.8'e yükseldiğini hesaplamışlardır (Çiçek ve ark., 2021). Pandemi döneminde bireylerin bağışıklık sistemlerini güçlendirmek için daha fazla gıda ve virüsün bulaşmasını/yayılmasını önlemek için daha fazla temizlik ve kişisel bakım ürünlerini tükettiklerini söylemek mümkündür. Bu dönemde bireyler takviye gıdalara, kolonya, dezenfektan gibi hijyeni sağlayacak ürünlere yönelmişlerdir.

Çizelge 3. Hanehalkının pandemi döneminde gıda harcaması ve temizlik ürünleri harcamalarındaki değişim

		N	%
Pandemi döneminde gıda harcaması	Azaldı	35	9.1
	Değişmedi	130	33.9
	Arttı	219	57.0
	Toplam	384	100.0
Pandemi döneminde temizlik ve kişisel bakım ürünleri harcaması	Değişmedi	104	27.6
	Arttı	273	72.4
	Toplam	377	100.0

Ankete katılanların %69.8'i pandemi döneminde herhangi bir işte çalışmaktadır. Bu süreçte katılımcıların %12.0'sinin aile bireylerinden en az biri işten çıkarılmış ve toplam aylık gelirlerinde azalma olmuştur (Çizelge 4). Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de özellikle tam kapanma dönemlerinde bazı firmalar hammadde tedariki, üretim ve pazarlamada problemler yaşamışlar ve çalışanlarını işten çıkarmak zorunda kalmışlardır.

Çizelge 4. Hanehalkının pandemi döneminde çalışma durumu

		N	%
Bir işte çalışma durumu	Hayır	116	30.2
	Evet	268	69.8
	Toplam	384	100.0
Pandemi döneminde isten çıkma durumu	Hayır	338	88.0
	Evet	46	12.0
	Toplam	384	100.0

Ankete katılanların %50.0'si genel sağlık durumunun iyi olduğunu ve %47.4'ü sağlıklı yaşamaya çok önem verdiklerini ifade etmişlerdir. Bireylerin %26.8'i COVID-19 virüsüne yakalanırken bunların %68.5'inin yakın akrabalarından en az biri COVID-19 virüsüne yakalanmıştır. Bu süreçte sosyal medya, televizyon, radyo, gazete, internet gibi birçok kanaldan bilgi edinen bireyler pandeminin gerektirdiği maske kullanımı, sosyal mesafe ve hijyen kurallarına uyum sağlamaya çalışmışlardır. Hanehalkının %33.1'i pandemi koşullarına uyum sağlamakta güçlük çektiklerini belirtmişlerdir. COVID-19 testi pozitif olan bireyler hastalığı kolay atlattık ya da COVID-19 virüsüne yakalanmak istemeyenler beslenme alışkanlıklarını değiştirmişlerdir. Ankete katılanların %59.1'i pandemi döneminde beslenme alışkanlığını değiştirmişlerdir. Bu süreçte bireyler takviye edici gıdaları kullanmaya başlamışlardır (Çizelge5).

Çizelge 5. Hanehalkının pandemi döneminde sağlık durumu

		N	%
Genel sağlık durumu	Kötü	8	2.1
	İyi	192	50.0
	Çok iyi	184	47.9
	Toplam	384	100.0
Ankete katılan kişinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu	Hayır	281	73.2
	Evet	103	26.8
	Toplam	384	100.0
Pandemi koşullarına uyum sağlama	Hayır	257	66.9
	Evet	127	33.1
	Toplam	384	100.0
Sağlıklı yaşama önem verme durumu	Hiç	36	9.4
	Biraz	166	43.2
	Çok	182	47.4
	Toplam	384	100.0
Yakın akrabalarından birinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu	Hayır	121	31.5
	Evet	263	68.5
	Toplam	384	100.0
Beslenme alışkanlığında değişim	Hayır	157	40.9
	Evet	227	59.1
	Toplam	384	100.0

Dünya genelinde yapılan bilimsel çalışmalarda beslenme ve takviye gıdaların korona virüs ile mücadelede önemli olduğu ortaya konulmuştur (Lange, 2021). Çeşitli kaynaklardan bu bilgilere ulaşan insanlar korona virüsün yayılımını engellemek amacıyla maske, sosyal mesafe gibi tedbirlerin yanı sıra organik gıda, takviye gıda ve fonksiyonel gıdaları tüketmeye başlamışlardır. Organik gıda, “insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen, üretimde kimyasal girdi kullanılmadan, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı tarımsal üretim sonucu elde edilen gıdalardır”. Takviye gıda “Normal beslenmeyi takviye etmek amacıyla, vitamin, mineral, protein, karbonhidrat, lif, yağ asidi, amino asit gibi besin öğelerinin veya bunların dışında besleyici veya fizyolojik etkileri bulunan bitki, bitkisel ve hayvansal kaynaklı maddeler, biyoaktif maddeler ve benzeri maddelerin konsantre veya ekstraktlarının tek başına veya karışımlarının kapsül, tablet, pastil, tek kullanımlık toz paket, sıvı ampul, damlalıklı şişe ve diğer benzeri sıvı veya toz formlarda hazırlanarak günlük alım dozu belirlenmiş ürünler” olarak tanımlanmaktadır (Takviye Edici Gıdalar, Gıda Takviyesi ve Beslenme Derneği (GTBD), 2022). Araştırma kapsamında ankete katılanların %59.9’u pandemi döneminde fonksiyonel gıda, %67.8’i takviye gıda kullanmışlardır. Bu süreçte hanehalkının %42.4’ünün organik gıda ve %28.6’sının baharat kullanımı artmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Hanehalkının pandemi döneminde gıda tüketimi

		N	%
Fonksiyonel gıda	Hayır	154	40.1
	Evet	230	59.9
	Toplam	384	100.0
Organik gıda	Değişmedi	221	57.6
	Arttı	163	42.4
	Toplam	384	100.0
Takviye gıda	Hayır	122	32.2
	Evet	257	67.8
	Toplam	379	100.0
Baharat	Değişmedi	274	71.4
	Arttı	110	28.6
	Toplam	384	100.0

Ankete katılanların FF tüketim kararlarında etkili olan faktörlere ait Ki-kare test sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Bu test sonucuna göre medeni durum ( $p<0.05$ ), yaş ( $p<0.05$ ), sağlıklı yaşama önem verme ( $p<0.05$ ), düzenli olarak spor yapma ( $p<0.01$ ), kronik hastalığı olma ( $p<0.05$ ), yakın akrabalarından birinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu ( $p<0.05$ ), ankete katılan kişinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu ( $p<0.01$ ), takviye gıda tüketme ( $p<0.01$ ), organik gıda tüketme ( $p<0.01$ ) ve pandemi koşullarına uyum sağlama durumu ( $p<0.10$ ) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ki-kare testi sonuçlarına göre pandemi döneminde bekar bireylerin %67.7’si, evlilerin ise %56.2’si FF tüketmektedirler. Bununla birlikte 35 yaşından küçük olan bireylerin %65.6’sı, 35 yaşından büyük olanların ise %55.9’u FF tüketmektedirler. Çetin ve İkikat Tümer (2021), Mersin ilinde 35 yaşından küçük bireylerin FF tüketme isteğinin 35 yaşından büyük olanlara göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Test sonucuna göre sağlıklı yaşamaya çok önem verenlerin %66.5’i, düzenli spor yapanların %70.3’ü, kronik hastalığı olanların ise %70.3’ü FF kullanmaktadır. Ankete katılanların yakın akrabalarının veya kendilerinin COVID-19 virüsüne yakalanması bireylerin FF kullanımını etkilemiştir. Yakın akrabalarından birinin COVID-19 virüsüne yakalanması durumunda bireylerin %63.1’i, kendilerinin yakalanması durumunda ise bireylerin %71.8’i FF tüketmişlerdir. Pandemi sürecinde sağlıklı yaşam sürme ve COVID-19 virüsüne karşı korunmak amacıyla takviye gıda tüketenlerin %77.0’si ve organik gıda tüketenlerin %76.7’si FF kullanmışlardır (Çizelge 6).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de bireyler maske kullanma, sosyal mesafe, evde kalma gibi pandemi kurallarına uyum sağlamada güçlük yaşamışlardır (Batman ve ark., 2020). Bununla birlikte bireylerin bu süreçte yaşadıkları kaygı, çaresizlik, virüse yakalanma endişesi de pandemiye uyum sağlamayı güçleştiren psikolojik faktörler arasında yer almaktadır (Baykal, 2020; Huang ve Zhao, 2020). Ki-kare testi sonucunda pandemi koşullarına uyum sağlayamayanların %62.6’sı ve uyum sağlayanların %54.3’ü FF kullanmışlardır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Pandemi döneminde hanehalkının fonksiyonel gıda tüketimini etkileyen sosyo demografik faktörler

		Fonksiyonel gıda tüketimi		Toplam	Ki-kare
		Hayır	Evet		
Cinsiyet	Kadın	43.1	56.9	100.0	1.274
	Erkek	37.4	62.6	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Medeni	Bekâr	32.3	67.7	100.0	4.694**
	Evli	43.8	56.2	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Yaş	<35	34.4	65.6	100.0	3.604**
	35+	44.1	55.9	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Gelir	Düşük	47.9	52.1	100.0	3.128
	Orta	37.5	62.5	100.0	
	Yüksek	37.7	62.3	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Eğitim	İlkokul	48.7	51.3	100.0	3.302
	Ortaokul	38.8	61.2	100.0	
	Lise	38.9	61.1	100.0	
	Üniversite	38.0	62.0	100.0	
	Lisansüstü	31.8	68.2	100.0	
Sağlıklı yaşama önem verme	Hiç	44.4	55.6	100.0	6.297**
	Biraz	46.4	53.6	100.0	
	Çok	33.5	66.5	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Düzenli olarak spor yapma	Hayır	44.3	55.7	100.0	6.996***
	Evet	29.7	70.3	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Kronik hastalığı olma	Hayır	42.8	57.2	100.0	4.295**
	Evet	30.0	70.0	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Yakın akrabalarından birinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu	Hayır	47.1	52.9	100.0	3.607**
	Evet	36.9	63.1	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Ankete katılan kişinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu	Hayır	44.5	55.5	100.0	8.366***
	Evet	28.2	71.8	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Takviye gıda tüketme	Hayır	76.2	23.8	100.0	97.739***
	Evet	23.0	77.0	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Organik gıda tüketimi	Değişmedi	52.5	47.5	100.0	33.244***
	Arttı	23.3	76.7	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	
Pandemi koşullarına uyum sağlama	Hayır	37.4	62.6	100.0	2.447*
	Evet	45.7	54.3	100.0	
	Toplam	40.1	59.9	100.0	

\*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla istatistikî açıdan %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada salgın hastalıklar; insan hayatını tehdit eden, bulaşma hızı değişkenlik gösteren ve mücadele edilmesi gereken önemli bir sağlık sorunudur. Dünyada nüfusun artması, teknolojinin ve iletişimin gelişme hızı ile birlikte salgın hastalıkların yayılma hızı her geçen gün artmaktadır. Yayılım hızı, şiddeti ve etkilediği insanların

oranının yüksek olması nedeniyle COVID-19 virüsü Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir. Salgın hastalıklar geçmişten günümüze kadar toplumların tüketim alışkanlıklarında değişim ve gelişimlere neden olmuştur. Tüm dünyayı etkileyen ve etkisi hala devam eden pandemi döneminde bireyler, sağlıklı yaşamak, virüse yakalanmamak ya da hastalığı hafif atlatmak gibi nedenlerle temel gıda, takviye edici gıda, fonksiyonel gıda, organik gıda harcamalarını artmışlardır.

Bu çalışmada Adana ilinde hanehalkının pandemi döneminde FF tüketimlerinde etkili olan değişkenlerin belirlenmesi için Ki-kare testinden yararlanılmıştır. Test sonucuna göre bireylerin FF tüketimlerinde medeni durum, yaş, sağlıklı yaşama önem verme, düzenli olarak spor yapma, kronik hastalığı olma, yakın akrabalarından birinin ve ankete katılan kişinin COVID-19 virüsüne yakalanma durumu, takviye ve organik gıda tüketme ile pandemi koşullarına uyum sağlama durumu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Bireyleri sadece salgın dönemlerinde değil her zaman sağlıklı yaşama önem vermeleri, düzenli beslenmeleri, spor yapmaları konusunda bilgilendirilmeli ve bu konuda bilgi kirliliğinin önüne geçilmelidir. Özellikle Sağlık Bakanlığı'na bağlı kuruluşlar tarafından tüketicileri bilgilendiren seminer ve toplantılar düzenlenmelidir. Tüketicilere takviye edici, organik ve fonksiyonel gıdalar hakkında bilgiler verilmeli ve bu gıdaları nasıl kullanacakları konusunda bilinçlendirilmelidirler. Görsel basında yayınlanan kamu spotlarının içeriği genişletilmeli fonksiyonel gıdaların önemine yapılan vurgular ile birlikte bu yayınların sayısı artırılmalıdır. Ayrıca bireylerin içeriği artırılmış ve azaltılmış fonksiyonel gıdalara ulaşımı kolaylaştırılmalıdır. Farklı eğitim kademelerindeki öğrencilere "gıda ve beslenme okuryazarlığı" na yönelik eğitimler verilmesi fonksiyonel gıda konusunun genç nesil ve ebeveynleri arasında etkileşimli bir şekilde yaygınlaşmasına olanak sağlayacaktır. Salgın hastalık durumunda kriz yönetimi de büyük önem taşımaktadır. Bu dönemlerde zamanın ve kaynakların kısıtlı olduğu da dikkate alınarak planlı davranılmalıdır. Bununla birlikte salgın hastalık dönemlerinde sağlık bakanlığı, yerel yönetim bünyelerinde bulunan kriz yönetim birimlerinin daha etkin çalışması için kriz öncesinde gerekli hazırlıklar yapılmalıdır. Bu hazırlıklar kriz anında daha hızlı tedbirler alınması ve daha erken müdahaleleri beraberinde getirecek, salgın hastalıktan etkilenen canlı sayısı en aza indirilebilecektir.

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

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

## KAYNAKLAR

- Aday, S. ve Aday, M. S. 2020. Impact of COVID-19 on the food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4(4): 167-180. doi: 10.1093/fqsafe/fyaa024.
- American Dietetic Association 1999. Position of the American Dietetic Association: functional foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 99:1278–1285. DOI:https://doi.org/10.1016/S0002-8223(99)00314-4
- Aparicio-Soto M., Sánchez-Hidalgo, M., Rosillo, M., Castejón, M. ve Alarcón-de-la-Lastra, C. 2016 Extra virgin olive oil: a key functional food for prevention of immune-inflammatory diseases. *Food Funct* 7(11):4492–4505
- Batman, O., Bilgiçli, İ. ve Yıldırğan, R. 2020. Otel Çalışanı ve Misafirin Covid 19 Pandemi Kurallarına Uyumu: Antalya ve Muğla Karşılaştırması, *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(12): 935-955.
- Baykal, E. 2020. COVID-19 bağlamında psikolojik dayanıklılık, kaygı ve yaşam doyum ilişkisi, *International Journal of Social and Economic Sciences*, 10(2): 68-80, 2020
- Butnariu, M. ve Sarac, I. (2019) Functional food. *Int J Nutr* 3(3):7–16.
- Cebeci, B. K. ve Mankan, E. (2022). COVID-19 pandemi sürecinde tüketicilerin fonksiyonel gıdalara yönelik tutumları. *Journal of Humanities and Tourism Research*, 12 (2): 405-416.
- Chandra, R.K. 1996. Nutrition, immunity and infection: from basic knowledge of dietary manipulation of immune response to practical application of ameliorating functional foods and improving survival, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 93, 14304-14307, 10.1073/pnas.93.25.1430
- Coşansu Akdemir, S.,Başyazıcı, E., Atasoy, E., Mazreku, G., Çetin, S. ve Toupal, S. (2022). COVID-19 salgınında tüketicilerin gıda satın alma, gıda hijyeni ve beslenme davranışları, *Food Health* 8(4), 302-311.
- Çetin, B. ve İkikat Tümer, E. 2021. The Factors Affecting Willingness to Consume Functional Foods in Mersin Province. *KSU J. Agric Nat* 24 (4): 871-877. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.780845.
- Çiçek, B., Şahin, H. ve Erkal, S. 2021. COVID-19 Salgın Döneminde Bireylerin Kişisel ve Genel Hijyen Davranışlarının İncelenmesi, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 20 (80), 2157-2173.
- Dost, A., Üner, E. ve Susoy, A. 2021. COVID-19 Pandemisi Besin Desteklerini Kullanma Durumunu Etkiledi Mi? *Van Tıp Derg* 28(4): 538-545.
- DSÖ, (2023). WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard, Erişim adresi: <https://covid19.who.int/> (Erişim tarihi:02.01.2023)

- Farzana, M., Shahriar, S., Jeba, F.R., Tabassum, T., Araf, Y., Ullah, M.A., Tasnim, J., Chakraborty, A., Naima, T.A., Marma, K.K., Rahaman, T.I. ve Hosen, M.J. 2022. Functional food: complementary to fight against COVID-19, Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci, 11:33 <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00217-z>
- Gire, S.K., Goba, A., Andersen, K.G., Sealfon, R.S.G, Park, D.C., Sabeti, P.C. 2014. Genomic surveillance elucidates Ebola virus origin and transmission during the 2014 outbreak. *Science*, 345 (6202): 1369- 1374.
- GTBD, 2022. Takviye Edici Gıdalar, Gıda Takviyesi ve Beslenme Derneği, <https://gtbd.org.tr/takviye-edici-gidalar/> (Erişim tarihi: 07.12.2022)
- Hamid, A.T. ve Thakur, N.S. 2021. Role of functional food components in COVID-19 pandemic: A review. *Ann. Phytomed.* 10: S240–250.
- Han, B. ve Hoang, B.X. 2020. Opinions on the current pandemic of COVID-19: Use functional food to boost our immune functions, *Journal of Infection and Public Health* 13, 1811–1817
- Huang, Y. ve Zhao, N. 2020. Generalized anxiety disorder, depressive symptoms and sleep quality during COVID-19 outbreak in China: a web-based cross-sectional survey. *Psychiatry Research*, 288.
- Kalaycı, Ş., 2009. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, ISBN 975-9091-14-3, Ankara.
- Kamarlı Altun, H., Ermumcu, M. S. K., Kurklu, N. S. 2020. Evaluation of dietary supplement, functional food and herbal medicine use by dietitians during the COVID-19 pandemic. *Public Health Nutr*, 24(5): 861-869.
- Kaur, S. ve Das, M. 2011. Functional foods: an overview. *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 861.
- Lange, R.G. 2021. Food science and COVID-19, *Food Science and Human Wellness*, 10(1), 1-5.
- Newbold, P. (1995). *Statistics for Business and Economics*, Prentice Hall Inc., USA. Pages 1016.
- Özçiçek Dölekoğlu, C., Şahin, A. ve Giray, F.H. 2015. Kadınlarda Fonksiyonel Gıda Tüketimini Etkileyen Faktörler: Akdeniz İlleri Örneği, *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 572-584.
- Petersen, L.R., Jamieson, D.J., Powers, A.M. ve Honein, M.A. 2016. Zika Virus. *The New England Journal of Medicine*, 374 (16): 1552-1563.
- Sheth, J. 2020. Impact of Covid-19 on consumer behavior: Will the old habits return or die?, *Journal of Business Research*, Volume 117, 280-283
- Singh, P., Tripathi, M.K., Yasir, M., Khare, R., Tripathi, M.K. ve Shrivastava, R. 2020. Potential inhibitors for SARS-CoV-2 and functional food components as nutritional supplement for COVID-19: a review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 75, 458–66.
- Thomas, P.R. ve Earl, R. 1994. *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences: Research Challenges and the Next Generation of Investigators*, National Academy Press, 98-142, Washington, DC.
- WHO. 2018. *Managing epidemics: Key facts about major deadly diseases.* <https://www.who.int/emergencies/diseases/managing-epidemics/en/> (Erişim Tarihi: 24.12.2022).

## Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Toplanmış Apılarnilin İz Element (Ağır Metal) İçeriğinin Belirlenmesi

Mehmet İLKAYA<sup>1\*</sup> , Hakan İNCİ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arı Ve Arı ürünleri ABD, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE

\*Sorumlu Yazar: mehmet\_10201041@hotmail.com

Geliş Tarihi: 18.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 29.05.2023 Kabul Tarihi: 31.05.2023

### ÖZ

Bu çalışma, arıcılığın önemli merkezlerinden olan Bingöl ilinin Genç, Adaklı, Solhan, Yedisu ve Merkez bölgelerinde farklı arılıklardan toplanıp ham ve liyofilizasyon işlemine tabi tutulan apılarnil örneklerinin biyoaktif özelliklerini belirlemek ve element içeriğini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. ICP-MS cihazı kullanılarak ham ve liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuş apılarnil örneklerinin element (ağır metal) içerikleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuş apılarnilin element (ağır metal) ortalama içerik değerleri ppm cinsinden sırasıyla; Li: 0,29, B: 9,86, Na: 191,97, Mg: 317,11, Al: 1,93, K: 3149,41, Ca: 668,96, Ti: 1,58, V: 0,06, Cr: 0,29, Mn: 1,53, Fe: 28,49, Ni: 0,48, Cu: 5,00, Zn: 47,27, Ga: 0,05, Rb: 4,43, Sr: 2,65, Nb: 0,11, Pd: 0,15, Ba: 0,67, Hf: 0,07, Ta: 0,53, Pb: 0,35 bölgelere göre ortalama element değerleri tespit edilmiştir. Liyofilize apılarnil değerleri her bir element için bölgelere göre değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür. Ham apılarnil element (ağır metal) içerik değerleri ppm cinsinden ortalama değerleri sırasıyla; Li: 0,19, B: 7,00, Na: 104,96, Mg:142,47, Al:1,36, K: 1437,32, Ca: 434,36, Ti:1,04, V: 0,04, Cr:0,25, Mn: 0,84, Fe: 16,88, Ni: 0,31, Cu: 2,39, Zn: 28,27, Ga: 0,03, Rb: 2,08, Sr: 1,84, Nb: 0,09, Pd: 0,12, Ba: 0,46, Hf: 0,05, Ta: 0,37, Pb: 0,25 olarak tespit edilmiştir. Ham apılarnil değerleri her bir element için bölgelere göre değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür. Ayrıca ham ve liyofilize apılarnil element içeriği konsantrasyonu(ppm) karşılaştırıldığında liyofilize apılarnilde yüksek konsantrasyon gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Apılarnil, erkek arı larvası, kimyasal içerik, iz element, ağır metal

## Determination of Trace Element (Heavy Metal) Content of Apilarnil Collected from Different Regions of Bingöl Province

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the bioactive properties and elemental content of apilarnil samples collected from different apiaries in the Genç, Adaklı, Solhan, Yedisu and Merkez regions of Bingöl province, which is one of the important centers of beekeeping. Element (heavy metal) contents of raw and lyophilized apilarnil samples were determined using ICP-MS device. In the study, the mean element (heavy metal) content values of apilarnil subjected to lyophilization process in ppm are respectively; Li: 0.29, B: 9.86, Na: 191.97, Mg: 317.11, Al: 1.93, K: 3149.41, Ca: 668.96, Ti: 1.58, V: 0.06, Cr: 0.29, Mn: 1.53, Fe: 28.49, Ni: 0.48, Cu: 5.00, Zn: 47.27, Ga: 0.05, Rb: 4.43, Sr: 2.65, Nb: 0.11, Pd: 0.15, Ba: 0.67, Hf: 0.07, Ta: 0.53, Pb: 0.35 mean element values were determined according to regions. Lyophilized apilarnil values were evaluated according to regions for each element and significant differences were seen. Crude apilarnil element (heavy metal) content values, mean values in ppm, respectively; Li: 0.19, B: 7.00, Na: 104.96, Mg:142.47, Al:1.36, K: 1437.32, Ca: 434.36, Ti:1.04, V: 0.04, Cr:0.25, Mn: 0.84, Fe:16.88, Ni: 0.31, Cu: 2.39, Zn: 28.27, Ga: 0.03, Rb: 2.08, Sr: 1.84, Nb: 0.09, Pd: 0.12, Ba: 0.46, Hf: 0.05, Ta: 0.37, Pb: 0.25. Crude apilarnil values were evaluated for each element according to regions and significant differences were observed. In addition, when the crude and lyophilized apilarnil elemental content concentration (ppm) was compared, a high concentration was observed in lyophilized apilarnil.

**Key words:** Apilarnil, drone larva, chemical content, trace element, heavy metal.

## GİRİŞ

Günümüzde değişen yaşam koşulları nedeniyle hastalıkların artması, beslenmede yetersizlik, dengesizlik ve protein eksikliğinin giderilmesi amacıyla çeşitli fonksiyonel besin kaynakları konusunda araştırmalar yapılmaktadır. Son yıllarda apiterapik ürünlerin insan sağlığı ve beslenmesinde kullanımında artış gözlenmektedir. Bal arıları da bu sınıfta yer almakta, ürettikleri çok kıymetli arı ürünleri insan sağlığına yönelik koruyucu etki göstermektedir (Topal ve ark, 2018)

Bal arıları kullanılarak bal, arı poleni, arı ekmeği, propolis, arı sütü, apilarnil ve ana arı larvası gibi birçok değerli ürün üretilmektedir. Arı ürünlerinin doğru miktar ve zamanda kullanımının, insan sağlığı üzerinde yarattığı olumlu etkiler uzun yıllardır yapılan bilimsel araştırmalarla ortaya koyulmuştur (Mateescu, 2011; Topal ve ark., 2018). Bu ürünlerden en çok kullanılanlar bal, polen ve propolis olmakla birlikte, son zamanlarda erkek arı larvası (apilarnil) ve ana arı larvasının da kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Özellikle ana arı ve erkek arı larvasının besin komponentleri yönünden zengin olması, sağlık koruma ve tıbbi tedavi desteği olarak arı ürünlerinin kullanımı bilimi olan apiterapide yararlanılma olanağını da artırmaktadır (Silici, 2019).

Apilarnil, erkek arı larvalarının pupa dönemine geçmeden önceki 3-7 günlük larva dönemidir. Viskoz yapıda olan erkek arı larvası, krem rengi olup karakteristik bir yumurta kokusu taşımaktadır. Hem yumurta hem de larva gövdesinde bulunan besleyici bileşiklerin toplamından dolayı yüksek biyolojik aktiviteye sahiptir (Ilieşiu, 1991). Apilarnil arı larvasının temel yapıtaşı olan bütün temel aminoasitleri içermesinden dolayı "tam gıda" olarak değerlendirilmektedir. Bu arı ürününün hasat sonrası soğuk zincir muhafazasına dikkat edilmesi kaydıyla taze tüketimi söz konusu olduğu gibi uzun süreli kullanımlarda öğütme, homojenleştirme, filtrasyon ve liyofilizasyon gibi işlemler uygulanmaktadır (Topal ve Yücel 2015).

Kimyasal bileşimi üretim dönemi, larvanın yaşı, koloninin bulunduğu flora gibi birçok faktörün etkisi ile değişmektedir. Yapılan çalışmalarda nem içeriği %65-70.97, toplam protein oranı %6.61-12, toplam lipidler %3.44-8.38 düzeyleri arasında saptanmıştır. Toplam şeker %6-10, asitlik %0.88-3.18, pH 6.49 ve kül %2 olarak belirlenmiştir. Şeker profillerinden fruktoz; %0.11-0.60, glukoz %3.40-6.74, sukroz %0.00- 0.14 aralığında tespit edilmiştir (Stângaciu, 1999; Bärnuțiu ve ark., 2013; Balkanska ve ark., 2014; Mărgăoan ve ark., 2017).

Apilarnilde kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, manganez, bakır, çinko, sodyum, potasyum mineralleri belirlenmiştir. A vitamini, beta-karoten, ksantofil, B1 vitamini, B2 vitamini, B6 vitamini iz miktarda, PP vitamini ve kolin bulunmuştur (Aoşan, 2016). Silici (2019) yaptığı çalışmada, erkek arı larvalarının (apilarnil) besin maddelerini, aminoasit içeriklerini ve biyoaktif özelliklerini belirlemiştir. HPLC-UV analizine göre apilarnil içerisinde 16 aminoasit belirlenmiştir.

Bu araştırma Bingöl ilinde elde edilen ham ve liyofilize apilarnilin iz element (Ağır metal) içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## MATERYAL Ve YÖNTEM

### Arılık Seçimi ve Kovan Temini

#### Apilarnilin Hasat Edilmesi

Bu çalışmada bölgenin iklim, nektar ve polen akışının en iyi olduğu ve koloninin en güçlü olduğu dönemde erkek arı yetiştirmesinin başladığı dönemde seçilen kovanlarda koloninin gücüne bağlı olarak 1 veya iki erkek gözlü petek verilmiştir. Petekler verildikten sonraki günlerde verilmiş olan gözlere yumurta bırakılıp bırakılmadığı kontrol edilmiştir. Larval aşamaya geçen haploid erkek arı larvaları 3 günlük yaşa kadar takip edilmiştir. Apilarnilde genel olarak hasat işlemi 3-7 larval günlük yaşta erkek arı larvalarında gerçekleştirilir ve larvanın sahip olduğu besin kompozisyonu pupa dönemine geçtiğinde değiştiği için en kaliteli besin formunun korunduğu larva evresinde hasadının yapılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada 3-7 yaşta larvalardan hasat işlemi gerçekleştirilmiştir.

Hasat arılıkta hızlı bir şekilde ve gölge bir yerde yapılmış ve direk güneş ile teması engellenmiştir. Larval safhadan pupa safhasına geçmeden önce larvanın defekasyon riskine karşı larva gözlerine su verilmiş, temizleme işlemi yapılmış ve larva hasadı gerçekleştirilmiştir.

Homojen, sütümsü boza kıvamında, sarımsı gri renkte ve kekrek bir tada sahip olan apilarnil, hasat sırasında larva öleceği için yapısındaki protein hızla bozulabileceği göz önünde bulundurularak, larvalardan elde edilen ürünler analizlere geçilene kadar ham formda soğuk zincir muhafazası sağlanmıştır.



### ICP-MS ile Metal İçerik Analizi Örneklerin Hazırlanması

Apilarnil örneklerinin ağır metal analizi için serin-kuru hava ve liyofilizatörde kurutulan, tanecik boyutu 125 µm'den küçük olan örneklerden 1 gram tartılıp teflon tüplerin içine konulmuştur. Asitle çözündürme işlemi için 10 mL derişik nitrik asit eklendi ve boş bir teflon tüpe kör hazırlamak için sadece 10 mL HNO<sub>3</sub> konuldu. Teflon kapların kapağı sıkıca kapatılarak CEM marka MARS6 ONE TOUCH (USA) model mikrodalga parçalayıcı fırınına yerleştirildi. 15 dakika içinde maksimum sıcaklık 210 °C'ye kadar yükseltılarak bu sıcaklıkta 15 dakika bekletildi. Toplamda 30 dakika kapalı sistemde bekletilerek çözündürme işlemi gerçekleştirildi. Mikrodalga fırın sistemi soğuduktan sonra teflon tüplerde bulunan örnekler ultra saf su ile iyice yıkanarak 25 mL plastik balonlara aktarıldı. Hacimleri tamamlandı ve kapakları sıkıca kapatılarak analiz için +4°C'de muhafaza edildi.

### Metal İçerik Analizi için ICP-MS Koşulları

Mikrodalga fırınında hazırlanan apilarnil numunelerinin metal içerik analizleri Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezinde NexION® 2000 (PerkinElmer® Inc., USA) marka RF power 1300W model bir ICP-MS cihazında yapılmıştır. Cam nebulizer gazlaştırıcı (MEINHARD® plus Glass Type C), cam siklonik sprey hazne (sisleştirme odası), nikel konlar ve entegre bir auto-sampler bulunduran cihazda, plazma gaz akışı 15 mL/dakika, yardımcı gaz akışı 1,2 mL/dakika, nebulizer gaz akışı 1,15 mL/dakika idi. Human power I cihazından elde edilen 18,3 MΩ.cm ultra saf su kullanılarak % 1 nitrik asit-ultra saf su içeren yıkama çözeltisi hazırlandı. ICP-MS analiz metodunda, numune seyreltmeleri ve yıkama işlemlerinin tümünde bu çözelti kullanıldı. ICP-MS kalibrasyon çözeltileri ticari olarak satılan 10 µg/mL konsantrasyonda multi-element standartları kullanılarak hazırlandı. % 1'lik nitrik asit-ultra saf su ile seyreltilip metal analizi için hazırlanan uygun konsantrasyonlar ve iç standartlar Tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. ICP analizinde kullanılan metallerin konsantrasyon aralığı ve iç standartlar.

Analitler	Konsantrasyon aralığı (ppb)	Internal standart
51V, 55Mn, 57Fe, 59Co, 60Ni, 66Zn, 75As, 82Se	0,1- 1-10- 50-125-250-500	74Ge
52Cr, 63Cu, 107Ag, 111Cd	0,1- 1-10- 50-125	74Ge
202Hg, 208Pb	0,1- 1-10- 50-125- 250-500	89Y
	0,1- 1-10	209Bi
	0,1- 1-10- 50	209Bi

### Verilerin Analizi

İstatistiksel analizler, SPSS 23.0 istatistiksel yazılım paketi kullanılarak yapılmıştır. Aritmetik ortalama ve verilerin standart sapmaları hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar, Tek yönlü varyans analizi (Tek Yönlü ANOVA) prosedürü ile P<0.05'e göre değerlendirilmiştir. Gruplara ait ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik testinde Duncan testi kullanılmıştır

### BULGULAR Ve TARTIŞMA

ICP-MS cihaz yöntemiyle ham ve liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuş apilarnil (erkek arı larvası) istatistiksel olarak element değerleri(ortalama, standart sapma, standart hata ve istatistiksel olarak Önem derecesi) Tablo 2 ve Tablo 3 te verilmiştir.

Tablo 2. Ham Apilarnil Element Analizi Konsantrasyonu(ppm)

Elementler ve Bölgeler	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Önem derecesi(p)	
Li (ppm)	Genç	0,209c	0,004	0,002	ÖNZ
	Merkez	0,190b	0,004	0,002	ÖNZ
	Solhan	0,180a	0,002	0,001	*
	Yedisu	0,190b	0,003	0,001	ÖNZ
	Adaklı	0,212c	0,003	0,001	ÖNZ
	Ortalama	0,196	0,012	0,003	
B (ppm)	Genç	7,022b	0,018	0,010	ÖNZ
	Merkez	7,283c	0,006	0,003	*
	Solhan	6,422a	0,223	0,128	*
	Yedisu	7,082b	0,042	0,024	ÖNZ

	Adaklı	7,199bc	0,057	0,032	ÖNZ
	Ortalama	7,002	0,326	0,084	
Na (ppm)	Genç	98,936a	0,064	0,036	ÖNZ
	Merkez	103,700b	0,299	0,172	ÖNZ
	Solhan	98,033a	0,830	0,479	ÖNZ
	Yedisu	103,287b	0,829	0,478	ÖNZ
	Adaklı	120,891c	0,309	0,178	*
	Ortalama	104,969	8,579	2,215	
	Mg (ppm)	Genç	122,927a	0,127	0,073
Merkez		150,726d	0,473	0,273	*
Solhan		127,239b	0,840	0,484	*
Yedisu		144,080c	1,081	0,624	*
Adaklı		167,386e	0,214	0,123	*
Ortalama		142,472	16,734	4,320	
Al (ppm)	Genç	1,428a	0,408	0,235	ÖNZ
	Merkez	1,304a	0,096	0,055	ÖNZ
	Solhan	1,306a	0,093	0,053	ÖNZ
	Yedisu	1,322a	0,123	0,071	ÖNZ
	Adaklı	1,448a	0,138	0,079	ÖNZ
	Ortalama	1,362	0,188	0,048	
K (ppm)	Genç	1217,889a	0,181	0,104	ÖNZ
	Merkez	1476,008c	3,004	1,734	*
	Solhan	1281,725a	79,275	45,769	ÖNZ
	Yedisu	1405,090b	5,090	2,938	*
	Adaklı	1805,906d	0,093	0,053	*
	Ortalama	1437,323	214,624	55,415	
Ca (ppm)	Genç	434,340c	0,300	0,173	*
	Merkez	423,082b	5,002	2,887	ÖNZ
	Solhan	402,201a	2,935	1,695	*
	Yedisu	426,334b	4,334	2,502	ÖNZ
	Adaklı	485,875e	0,125	0,072	*
	Ortalama	434,366	28,962	7,478	
Ti (ppm)	Genç	1,184d	0,116	0,066	*
	Merkez	0,925a	0,015	0,008	*
	Solhan	1,062bc	0,018	0,010	ÖNZ
	Yedisu	1,075c	0,036	0,020	*
	Adaklı	0,960ab	0,020	0,011	ÖNZ
	Ortalama	1,041	0,106	0,027	
V (ppm)	Genç	0,052c	0,002	0,001	*
	Merkez	0,040a	0,001	0,000	ÖNZ
	Solhan	0,042a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,047b	0,002	0,001	*
	Adaklı	0,040a	0,001	0,000	ÖNZ
	Ortalama	0,044	0,004	0,001	
Cr (ppm)	Genç	0,456e	0,004	0,002	*
	Merkez	0,226d	0,004	0,002	*
	Solhan	0,190a	0,002	0,001	*
	Yedisu	0,196b	0,003	0,001	*
	Adaklı	0,205c	0,002	0,001	*
	Ortalama	0,254	0,104	0,027	
Mn (ppm)	Genç	0,828b	0,012	0,006	ÖNZ
	Merkez	0,789a	0,003	0,001	*
	Solhan	0,842b	0,017	0,009	ÖNZ
	Yedisu	0,857b	0,027	0,015	ÖNZ
	Adaklı	0,903c	0,002	0,001	*
	Ortalama	0,844	00,040	0,010	

Fe (ppm)	Genç	17,926b	0,073	0,042	ÖNZ
	Merkez	15,469a	0,080	0,046	ÖNZ
	Solhan	17,815b	0,615	0,355	ÖNZ
	Yedisu	15,517a	0,117	0,067	ÖNZ
	Adaklı	17,705b	0,600	0,346	ÖNZ
	Ortalama	16,886	1,225	0,316	
Ni (ppm)	Genç	0,327b	0,012	0,006	ÖNZ
	Merkez	0,305a	0,010	0,005	ÖNZ
	Solhan	0,309a	0,012	0,006	ÖNZ
	Yedisu	0,307a	0,007	0,004	ÖNZ
	Adaklı	0,337b	0,002	0,001	ÖNZ
	Ortalama	0,317	0,015	0,003	
Cu (ppm)	Genç	2,071a	0,019	0,010	ÖNZ
	Merkez	2,540b	0,140	0,080	ÖNZ
	Solhan	2,116a	0,017	0,009	ÖNZ
	Yedisu	2,408b	0,208	0,120	ÖNZ
	Adaklı	2,816c	0,116	0,066	*
	Ortalama	2,390	0,304	0,078	
Zn (ppm)	Genç	28,124c	0,065	0,037	*
	Merkez	27,696b	0,396	0,228	*
	Solhan	27,032a	0,133	0,076	ÖNZ
	Yedisu	27,038a	0,039	0,022	ÖNZ
	Adaklı	31,472d	0,128	0,073	*
	Ortalama	28,272	1,718	0,443	
Ga (ppm)	Genç	0,042b	0,002	0,001	ÖNZ
	Merkez	0,033a	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,033a	0,001	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,038b	0,002	0,001	ÖNZ
	Adaklı	0,039b	0,001	0,000	ÖNZ
	Ortalama	0,037	0,004	0,001	
Rb (ppm)	Genç	2,307b	0,092	0,053	ÖNZ
	Merkez	1,318a	0,082	0,047	ÖNZ
	Solhan	2,413b	0,113	0,065	ÖNZ
	Yedisu	1,293a	0,093	0,053	ÖNZ
	Adaklı	3,116c	0,084	0,048	*
	Ortalama	2,089	0,726	0,187	
Sr (ppm)	Genç	1,915b	0,016	0,009	ÖNZ
	Merkez	1,751a	0,232	0,134	ÖNZ
	Solhan	1,748a	0,052	0,030	ÖNZ
	Yedisu	1,803ab	0,104	0,060	ÖNZ
	Adaklı	2,004b	0,005	0,002	ÖNZ
	Ortalama	1,844	0,143	0,036	
Nb (ppm)	Genç	0,112d	0,003	0,001	*
	Merkez	0,096c	0,003	0,001	*
	Solhan	0,086ab	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,084a	0,003	0,001	ÖNZ
	Adaklı	0,089b	0,001	0,000	ÖNZ
	Ortalama	0,093	0,010	0,002	
Pd (ppm)	Genç	0,172c	0,004	0,002	*
	Merkez	0,121b	0,004	0,002	ÖNZ
	Solhan	0,111a	0,003	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,111a	0,004	0,002	ÖNZ
	Adaklı	0,121b	0,001	0,000	ÖNZ
	Ortalama	0,128	0,023	0,006	
Ba (ppm)	Genç	0,482bc	0,008	0,004	ÖNZ
	Merkez	0,434a	0,003	0,001	ÖNZ

	Solhan	0,447a	0,017	0,009	ÖNZ
	Yedisu	0,459ab	0,025	0,014	ÖNZ
	Adaklı	0,490c	0,003	0,001	ÖNZ
	Ortalama	0,462	0,024	0,006	
	Genç	0,063c	0,002	0,001	*
	Merkez	0,048ab	0,002	0,001	ÖNZ
Hf (ppm)	Solhan	0,045a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,050b	0,003	0,001	ÖNZ
	Adaklı	0,047ab	0,001	0,000	ÖNZ
	Ortalama	0,051	0,006	0,001	
	Genç	0,372b	0,008	0,004	ÖNZ
	Merkez	0,361a	0,003	0,001	ÖNZ
Ta (ppm)	Solhan	0,354ab	0,010	0,005	ÖNZ
	Yedisu	0,370b	0,006	0,003	ÖNZ
	Adaklı	0,396c	0,002	0,001	*
	Ortalama	0,371	0,015	0,004	
	Genç	0,265c	0,002	0,001	ÖNZ
	Merkez	0,241a	0,003	0,001	ÖNZ
Pb (ppm)	Solhan	0,236a	0,008	0,004	ÖNZ
	Yedisu	0,254b	0,008	0,004	ÖNZ
	Adaklı	0,263bc	0,002	0,001	ÖNZ
	Ortalama	0,252	0,012	0,003	

Tablo 2' de görüldüğü gibi, ICP Ham apılarnil değerleri için tanıttıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, standart hata) verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, her bir element için ayrı ayrı yapılan analiz bölgelere göre ham apılarnil verileri değerlendirilmiştir. Bölgelere göre farklılık gösteren ham apılarnil verilerinin hangi bölgeler arasında olduğunu tespit etmek için Duncan testi sonucunda, ham apılarnil verileri her bir element için bölgelere göre değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür; ICP ham apılarnil değerleri için ppm cinsinden sırasıyla; Li :0,19, B : 7,00, Na : 104,96, Mg :142,47, Al:1,36, K : 1437,32, Ca : 434,36, Ti :1,04, V : 0,04, Cr :0,25, Mn : 0,84, Fe :16,88, Ni : 0,31, Cu : 2,39, Zn 28,27, Ga : 0,03, Rb : 2,08, Sr : 1,84, Nb : 0,09, Pd : 0,12, Ba : 0,46, Hf : 0,05, Ta : 0,37, Pb : 0,25 ortalama element değerleri tespit edilmiştir. Bulunan element değerleri bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlılığı aşağıda sıralanmıştır;

Li elementi için; Sadece Solhan bölgesinde istatistiksel olarak fark önemli, diğer tüm bölgelerde önemsizdir. B elementi için; Bölgeler arasında istatistiksel olarak fark önemsizdir. Na elementi için; Adaklı bölgesi için istatistiksel olarak fark önemli iken diğer bölgelerde önemsizdir. Mg elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Al elementi için; Bölgeler arasında istatistiksel olarak fark önemsizdir. K elementi için; Genç-Solhan arasında istatistiksel olarak fark önemsizken diğer tüm bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Ca elementi için; Merkez-Yedisu arasında istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Ti elementi için; Genç bölgesi için istatistiksel olarak fark önemli iken diğer bölgelerde önemsizdir. V elementi için; Genç-Yedisu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli farklılık gösterirken diğer diğer bölgelerde önemsizdir. Cr elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Mn elementi için; Genç-Solhan-Yedisu bölgeleri arasında istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Fe elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Ni elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Cu elementi için; Adaklı bölgesi için istatistiksel olarak fark önemli iken diğer bölgelerde önemsizdir. Zn elementi için; Solhan-Yedisu arasında istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Ga elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Rb elementi için; Adaklı bölgesi için istatistiksel olarak fark önemli iken diğer bölgelerde önemsizdir. Sr elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Nb elementi için; Genç-Merkez arasındaki fark istatistiksel olarak önemli farklılık gösterirken diğer diğer bölgelerde önemsizdir. Pd 106 elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Ba elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. HF elementi için; Genç bölgesi için istatistiksel olarak fark önemli iken diğer bölgelerde önemsizdir. Ta elementi için; Adaklı bölgesi için istatistiksel olarak fark önemli iken diğer bölgelerde önemsizdir. Pb elementi için; Bölgeler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Parlakpınar (2021) yaptığı çalışmada erkek arı larvasında Ca, P, Na, Zn, Mn, Fe, Cu, Cl, Mn ve K minerallerini içerdiği bildirilmiştir. Mineraller açısından kalsiyumca fakir sayılabilirken; fosfor ve magnezyum makro minerallerince zengin olduğu, kalsiyum fosfor oranının 1/13 olduğu bildirilmiştir. Silici (2019). Yaptığı çalışmada,

erkek arı larvasının (apilarnil) besin elementleri, aminoasit içeriği ve biyoaktif özellikleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; Ca, P, Na, Zn, Mn, Fe, Cu ve K elementleri tespit edilmiştir.

Tablo 3. Liyofilize Element Analizi Konsantrasyonu(ppm)

Elementler ve Bölgeler		Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Önem derecesi(p)
Li (ppm)	Genç	0,224ab	0,003	0,001	ÖNZ
	Merkez	0,209a	0,008	0,004	*
	Solhan	0,227b	0,002	0,001	*
	Yedisu	0,476d	0,016	0,009	*
	Adaklı	0,326c	0,006	0,003	*
	Ortalama	0,292	0,104	0,026	
B (ppm)	Genç	7,527a	0,171	0,098	ÖNZ
	Merkez	6,993a	0,007	0,004	ÖNZ
	Solhan	6,989a	0,009	0,005	ÖNZ
	Yedisu	16,959c	0,959	0,553	*
	Adaklı	10,870b	0,600	0,346	*
	Ortalama	9,867	3,987	1,029	
Na (ppm)	Genç	141,852c	0,852	0,491	*
	Merkez	128,107a	0,906	0,523	*
	Solhan	137,623b	1,577	0,910	*
	Yedisu	330,786e	1,645	0,950	*
	Adaklı	221,486d	0,5100	0,294	*
	Ortalama	191,971	79,762	20,594	
Mg (ppm)	Genç	219,819c	0,819	0,472	*
	Merkez	186,124a	1,076	0,621	*
	Solhan	230,155b	1,045	0,603	*
	Yedisu	612,521e	2,521	10,455	*
	Adaklı	336,965d	0,965	0,557	*
	Ortalama	317,116	161,589	41,722	
Al (ppm)	Genç	1,419a	0,061	0,035	ÖNZ
	Merkez	1,505a	0,003	0,001732	ÖNZ
	Solhan	1,434a	0,134	0,077	ÖNZ
	Yedisu	3,187b	0,017	0,009	*
	Adaklı	2,130d	0,020	0,011	*
	Ortalama	1,935	0,705	0,182	
K (ppm)	Genç	2257,629c	0,371	0,214	*
	Merkez	1989,541a	0,541	0,312	*
	Solhan	2228,512b	2,488	1,436	*
	Yedisu	5826,268e	3,268	1,886	*
	Adaklı	3445,140d	1,860	1,073	*
	Ortalama	3149,418	1481,432	382,504	
Ca (ppm)	Genç	498,543b	0,537	0,310	ÖNZ
	Merkez	470,329a	2,329	1,344	*
	Solhan	500,290b	2,110	1,218	ÖNZ
	Yedisu	1130,717d	1,717	0,991	*
	Adaklı	744,923c	2,923	1,687	*
	Ortalama	668,960	260,199	67,183	
Ti (ppm)	Genç	0,936a	0,020	0,011	*
	Merkez	1,674d	0,005	0,002	*
	Solhan	1,189b	0,007	0,004	*
	Yedisu	2,647e	0,047	0,027	*
	Adaklı	1,456c	0,006	0,003	*
	Ortalama	1,580	0,609	0,157	
V	Genç	0,041a	0,001	0,000	ÖNZ

(ppm)	Merkez	0,063b	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,046a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,109c	0,009	0,005	*
	Adaklı	0,056b	0,002	0,001	ÖNZ
	Ortalama	0,063	0,025	0,006	
Cr (ppm)	Genç	0,227b	0,004	0,002	*
	Merkez	0,235c	0,003	0,001	*
	Solhan	0,221a	0,002	0,001	*
	Yedisu	0,483e	0,003	0,001	*
	Adaklı	0,304d	0,004	0,002	*
	Ortalama	0,294	0,102	0,026	
Mn (ppm)	Genç	1,434bc	0,006	0,003	ÖNZ
	Merkez	1,177ab	0,077	0,044	ÖNZ
	Solhan	0,979a	0,005	0,002	ÖNZ
	Yedisu	2,608d	0,308	0,177	*
	Adaklı	1,465c	0,005	0,002	ÖNZ
	Ortalama	1,532	0,598	0,154	
Fe (ppm)	Genç	18,320a	0,047	0,027	*
	Merkez	26,622c	0,278	0,160	*
	Solhan	20,801b	0,799	0,461	*
	Yedisu	47,942e	0,942	0,543	*
	Adaklı	28,808d	0,808	0,466	*
	Ortalama	28,498	10,816	2,792	
Ni (ppm)	Genç	0,344a	0,006	0,003	ÖNZ
	Merkez	0,377b	0,017	0,009	*
	Solhan	0,349a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,827d	0,027	0,015	*
	Adaklı	0,547c	0,007	0,004	*
	Ortalama	0,488	0,191	0,049	
Cu (ppm)	Genç	3,215ab	0,185	0,106	ÖNZ
	Merkez	3,021a	0,019	0,010	ÖNZ
	Solhan	3,643b	0,043	0,024	*
	Yedisu	9,579d	0,579	0,334	*
	Adaklı	5,553c	0,353	0,203	*
	Ortalama	5,002	2,558	0,660	
Zn (ppm)	Genç	33,030a	0,022	0,012	ÖNZ
	Merkez	33,132a	0,068	0,039	ÖNZ
	Solhan	36,313b	0,687	0,396	*
	Yedisu	83,967d	0,967	0,558	*
	Adaklı	49,929c	0,429	0,247	*
	Ortalama	47,274	20,058	5,178	
Ga (ppm)	Genç	0,037a	0,001	0,000	ÖNZ
	Merkez	0,043b	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,034a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,080d	0,002	0,001	*
	Adaklı	0,059c	0,002	0,001	*
	Ortalama	0,050	0,017	0,004	
Rb (ppm)	Genç	1,813a	0,113	0,065	*
	Merkez	3,688b	0,088	0,050	ÖNZ
	Solhan	3,445b	0,445	0,256	ÖNZ
	Yedisu	7,014d	0,014	0,008	*
	Adaklı	6,209c	0,109	0,062	*
	Ortalama	4,433	1,983	0,512	
Sr (ppm)	Genç	1,973a	0,073	0,042	ÖNZ
	Merkez	1,972a	0,072	0,041	ÖNZ
	Solhan	1,955a	0,055	0,031	ÖNZ

	Yedisu	4,364c	0,014	0,008	*
	Adaklı	3,016b	0,016	0,009	*
	Ortalama	2,656	0,980	0,253	
Nb (ppm)	Genç	0,086a	0,001	0,000	ÖNZ
	Merkez	0,085a	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,084a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,178c	0,004	0,002	*
	Adaklı	0,122b	0,002	0,001	*
	Ortalama	0,111	0,037	0,009	
Pd 106 (ppm)	Genç	0,116a	0,006	0,003	ÖNZ
	Merkez	0,112a	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,114a	0,004	0,002	ÖNZ
	Yedisu	0,255c	0,015	0,008	*
	Adaklı	0,174b	0,004	0,002	*
	Ortalama	0,154	0,057	0,014	
Ba (ppm)	Genç	0,479a	0,003	0,001	ÖNZ
	Merkez	0,516b	0,016	0,009	*
	Solhan	0,481a	0,011	0,006	ÖNZ
	Yedisu	1,104d	0,004	0,002	*
	Adaklı	0,774c	0,004	0,002	*
	Ortalama	0,670	0,251	0,064	
Hf (ppm)	Genç	0,050a	0,002	0,001	*
	Merkez	0,060b	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,062b	0,001	0,000	ÖNZ
	Yedisu	0,115d	0,003	0,001	*
	Adaklı	0,079c	0,003	0,001	*
	Ortalama	0,073	0,023	0,006	
Ta (ppm)	Genç	0,402a	0,002	0,001	ÖNZ
	Merkez	0,391a	0,002	0,001	ÖNZ
	Solhan	0,395a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,881c	0,011	0,006	*
	Adaklı	0,609b	0,009	0,005	*
	Ortalama	0,535	0,198	0,051	
Pb (ppm)	Genç	0,266a	0,006	0,003	ÖNZ
	Merkez	0,265a	0,005	0,002	ÖNZ
	Solhan	0,272a	0,002	0,001	ÖNZ
	Yedisu	0,588c	0,008	0,004	*
	Adaklı	0,403b	0,003	0,001	*
	Ortalama	0,358	0,130	0,033	

Tablo 3'te görüldüğü gibi, liyofilize apılarnil değerleri için tanıtıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, standart hata) verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, her bir element için ayrı ayrı yapılan analizin bölgelere göre liyofilize apılarnil değerleri değerlendirilmiştir. Bölgelere göre farklılık gösteren liyofilize apılarnil değerlerinin hangi bölgelere arasında olduğunu tespit etmek için Duncan testi yapılmıştır. Duncan testi sonucunda, liyofilize apılarnil değerleri her bir element için bölgelere göre değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür; ICP liyofilize apılarnil değerleri için ppm cinsinden sırasıyla; Li: 0,29, B: 9,86, Na: 191,97, Mg: 317,11, Al: 1,93, K: 3149,41, Ca: 668,96, Ti: 1,58, V: 0,06, Cr: 0,29, Mn: 1,53, Fe: 28,49, Ni: 0,48, Cu: 5,00, Zn: 47,27, Ga: 0,05, Rb: 4,43, Sr: 2,65, Nb: 0,11, Pd: 0,15, Ba: 0,67, Hf: 0,07, Ta: 0,53, Pb: 0,35 bölgelere göre ortalama element değerleri tespit edilmiştir. Bulunan element değerleri bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlılığı aşağıda sıralanmıştır;

Li elementi için; Genç bölgesi için istatistiksel olarak fark önemsizken, diğer tüm bölgelerde önemlidir. B elementi için; Yedisu ve Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Na elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Mg elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Al elementi için; Yedisu ve Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. K elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Ca elementi için; Genç-Solhan arasında istatistiksel olarak fark

önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Ti elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. V elementi için; Yedisu bölgesinde istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Cr elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Mn elementi için; Yedisu bölgesinde istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Fe elementi için; Tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Ni elementi için; Genç-Solhan bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Cu elementi için; Genç-Merkez bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Zn elementi için; Genç-Merkez bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Ga elementi için; Yedisu ve Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Rb elementi için; Merkez-Solhan bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Sr elementi için; Yedisu-Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Nb elementi için; Yedisu-Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Pd elementi için; Yedisu-Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Ba elementi için Genç-Solhan bölgesi için istatistiksel olarak fark önemsizken, diğer tüm bölgelerde önemlidir. HF elementi için; Solhan-Merkez bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemsizken diğer bölgelerde önemli farklılık göstermiştir. Ta elementi için; Yedisu-Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir. Pb elementi için; Yedisu-Adaklı bölgeleri için istatistiksel olarak fark önemliyken diğer bölgelerde önemsizdir.

Parlakpınar (2021) yaptığı çalışmada erkek arı larvasında Ca, P, Na, Zn, Mn, Fe, Cu, Cl, Mn ve K minerallerini içerdiği bildirilmiştir. Mineraller açısından kalsiyumca fakir sayılabilirken; fosfor ve magnezyum makro minerallerince zengin olduğu, kalsiyum fosfor oranının 1/13 olduğu bildirilmiştir. Silici (2019). Yaptığı çalışmada, erkek arı larvasının (apilarnil) besin elementleri, aminoasit içeriği ve biyoaktif özellikleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; Ca, P, Na, Zn, Mn, Fe, Cu ve K elementleri tespit edilmiştir. Gül, (2008) baldaki mineral içeriğini belirlemek için yaptığı çalışmada; Al (0.83 ppm), Ba (0.16 ppm), **Ca (74.74 ppm)**, Cr (0.03 ppm), Cu (0.24ppm), Fe (3.00 ppm), K (534.86 ppm), Mg (22.87 ppm), Mn (1.27 ppm), Na (24.21 ppm), Ni (0.32 ppm), P (50.55 ppm), Pb (0.29 ppm) ve Zn (1.53 ppm) element değerlerini tespit etmiştir.

Çalışmamızda bir gıda ürünün olarak değerlendirilen apilarnilde(erkek arı larvası); Gül, (2008) yaptığı çalışmaya göre; Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, Pb ve Ni elementleri ppm cinsinden yüksek çıkmıştır.

Çalışmamızda, liyofiliz apilarnilin bakır (Cu) içeriği ortalama 5,00 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değer, FAO-WHO'nun gıdalarda tanımladığı maksimum bakır içeriği değerine (5,0 ppm) eşittir. (Anonim, 1982; Anonim 1989).

Çalışmamızda liyofilize apilarnilin demir (Fe) içeriği ortalama 28,49 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmanın demir içeriğine ait bulguları, FAO-WHO'nun gıdalarda izin verdiği maksimum değerden (15 ppm) fazla bulunmuştur (Anonim, 1982; Anonim 1989).

Liyofilize apilarnilde kadmiyum içeriğine rastlanmamıştır. FAO-WHO'ya göre gıdalarda hiç kadmiyum bulunmaması istenmektedir (Anonim, 1982; Anonim 1989). Elde edilen kadmiyum değerleri, TGK'nın gıdalarda izin verdiği kadmiyum değerinden (0,1 ppm) daha düşük bulunmuştur.

Liyofilize apilarnilin kurşun(Pb) içeriği ortalama 0,35 ppm olarak saptanmıştır. Bu değer, FAO-WHO'nun gıdalarda tanımladığı maksimum kurşun değerleri (0,1-2,0 ppm) arasındayken, TGK'nın gıdalarda tanımladığı kurşun değerinden (0,1 ppm) yüksektir (Anonim, 1982; Anonim 1989).

Prokhoda vd (2019) yaptıkları çalışmada apilarnilde; Ca 139 ppm, Mg 31ppm, Na 106 ppm, Zn 225ppm, Cu 1.3ppm, Mn 0.6ppm olarak tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada ppm cinsinden Ca, Mg, Cu, Mn ve Na element değerleri, Prokhoda vd (2019) yaptıkları çalışmaya oranla yüksek çıkarken Zn değeri düşük çıkmıştır.

Yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında; çalışmamızda element değerleri değişkenlik göstermektedir. Yapılan çalışmada, varyans analizi sonucunda, her bir element için ayrı ayrı yapılan analizin bölgelere göre ham ve liyofilize apilarnil değerleri değerlendirilmiştir. Bölgelere göre farklılık gösteren ham ve liyofilize apilarnil değerlerinin hangi bölgeler arasında olduğunu tespit etmek için ANOVA testi yapılmıştır. ANOVA testi sonucunda, ham ve liyofiliz apilarnil değerleri her bir element için bölgelere göre değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür(P<0.05). Çalışmada ayrıca ham ve liyofilize apilarnil element içerikleri karşılaştırıldığında her element için ortalama liyofilize element konsantrasyonu ppm cinsinden ham apilarnilden yüksek çıkmıştır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerek bitki örtüsündeki zenginlik, gerekse çeşitlilik açısından bakıldığında ülkemiz, arı ve arı ürünlerinin üretimi bakımından büyük bir öneme sahiptir. Bu önem, arı ürünlerinin kalitesi, içeriği ve biyolojik aktifliğinin potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir. Bilimsel çalışmalar ışığında önemi yeni bilinen ve bir arı ürünü olan apilarnilin, kimyasal içeriğine bakıldığında; ihtiva ettiği; Li; B; Na; Mg; Al; K; Ca; Ti; V; Cr; Mn; Fe; Ni; Cu; Zn; Ga;



Rb; Sr; Nb; Pd; Ba; Hf; Ta ve Pb elementlerin bir kısmı insan sağlığında önemli role sahip elektrolit denge bozukluklarında mineral yönünden kaybedilen elektrolitleri geri kazanımında alternatif olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Apilarnil ile ilgili bilimsel çalışmaların yakın tarihe dayanması, kimyasal içeriğinin tespiti ile hayvansal denekler üzerindeki etkisinin doku ve moleküler düzeye indirgenmesi ve çıkan sonuçlar bilimsel perspektifte umut verici bir yol göstermektedir. Gelişen teknolojisi, bilimsel araştırmaları gün geçtikçe daha kolay kılmakta ve sonuca ulaşma zamanını kısaltmaktadır. Bu bakımdan, teknolojik gelişmelere paralel yol izlendiğinde ve biyoaktif özelliğe sahip bir arı ürünü olan apilarnilin moleküler düzeyde kimyasal içeriği, hücre, doku ve organizmal temelde araştırmalarda kullanılmalıdır. İnsan sağlığı bakımından kullanılabilecek besin/ilaç üretimi için bilimsel çalışmalar devam etmelidir.

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

Bu çalışma “Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Apilarnil'in Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenerek Bazı Kanser Hücre Hatları Üzerinde Etkisinin Araştırılması” isimli Doktora tez çalışmasından özetlenmiştir. Ayrıca TÜBİTAK 222O186 ve BAP-FBE.2022.001 nolu projeler tarafından desteklenmiştir

## KAYNAKLAR

- Aoşan C (2016) Apitherapy in the daily practice clinical applications. Apimedica and Apiquality Forum Rome, 42: 22- 24
- Anonim (1982) World Health Organization, WHO, “Toxicological Evaluation of Certain Food Additives”, Joint FAO / WHO Expert Committee of Food Additives. WHO Food Additives Series, number 17.
- Anonim, (1989) FAO-WHO Food Standart Programme. Codex Standart for Sugar (Honey). CAC/vol. III. Ed. 1, supplement 2.
- Balkanska, R. Karadjova, I. Ignatova, M. (2014). Comparative analyses of chemical composition of royal jelly and drone brood. Bulgarian Chemical Communication, 46 (2): 412-416.
- Bărnuțiu LI, Marghițaș LA, Dezmirean D, Bobiș O, Miha C, Pavel C (2013) Physico-chemical composition of Apilarnil (Bee drone larvae). Seria Zootehnie 59: 199-202
- Gül, A., 2008. Türkiye’de Üretilen Bazı Balların Yapısal Özelliklerinin Gıda Güvenliği Bakımından Araştırılması. (Doktora tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen bilimleri Enstitüsü/Zootehni Anabilim Dalı, Antakya/Hatay.
- Ilieșiu, N. V. (1991). Apilarnil. Editura Apimondia, Bucuresti.
- Mărgăoan, R., Mărghițaș., LA, Dezmirean D S, Bobiș O, Bonta V, Cătană C, Mureșan CI,
- Margin M G (2017) Comparative Study on Quality Parameters of Royal Jelly, Apilarnil and Queen Bee Larvae Triturate. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies 74(1): 51-58
- Mateescu, C . (2011) Apiterapia sau Cum Sa Folosim Produsele. Biomedical Analysis 30; 1403-1410
- Prokhoda, I. A., Eliseeva, E. V., Katunina, N. P., Laktyushina, O. V., Tachkova, I. A., & Litvin, F. B. (2019, May). Quality management of the apiproduct from the drone larvae. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 274, No. 1, p. 012132). IOP Publishing.
- Parlakpınar, H. (2021). Apiterapi ürünlerinin biyokimyasal içeriği.
- Stângaci, S. (1999) Apiterapy course notes. Constanța Apiterapy Research Hospital, Bucuresti.
- Silici, S. (2019). Chemical content and bioactive properties of drone larvae (Apilarnil). *Mellifera*, 19(2), 14-22.
- Topal, E., Strant M, Yücel B, Kösoğlu M, Mărgăoan R, Dayioğlu M (2018) Biochemical Properties and Apitherapeutic Usage of Queen Bee and Drone Larvae. *Journal of Animal Production* 59(2): 77-82
- Topal, E., Yücel, B., (2015). Kösoğlu M. Arı ürünlerinin hayvancılık sektöründe kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 56 (2): 48-53.

## Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı Bazı Karpuz Hatlarının Sera Koşullarında Yaprak Besin İçerikleri Üzerine Etkileri

Veysel ARAS<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Alata Horticultural Research Institute, Mersin, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [varas2001@yahoo.com](mailto:varas2001@yahoo.com)

Received: 21.02.2023 Received in revised: 11.07.2023 Accepted: 13.07.2023

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, farklı anaçlara ve çeşitli kabuk zemin renklerine sahip karpuz bitkilerinde aşılamanın bitki besin maddelerinin konsantrasyonunu nasıl etkilediğini incelemektir. Bu çalışma 2020 ilkbahar/yaz yetiştirme sezonunda, Mersin Alata Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü sera ve laboratuvarlarında yürütülmüştür. Anaç olarak *Lagenaria* spp. grubundan *Argentario*, *Cucurbita maxima*×*C. moschata* grubundan Nun9075 ve TZ148 ve *Citrullus amarus* grubundan PI 296341 kullanılmıştır. Türkiye, karpuz anaç olarak kullanılan Nun9075 ve TZ148 için önemli bir üretici konumundadır. Kalem olarak B1, B2, S1 ve S2 saf hatları kullanılmıştır. Çizgili kabuk zemin desenine sahip S1 ve S2 saf hatları, koyu yeşil kabuk zemin rengine sahip B1 ve B2 saf hatları kullanılmıştır. Sonuç olarak, anaçlar arasında ve karpuz hatları arasında bitki besin alımı bakımından doğrudan bir ilişki bulunamamıştır. N içeriği, en yüksek *Argentario* (2.58%) anaçlarında ve S1 hattında (2.60%) görülmüştür. P ve Fe içeriği, anaçlar arasında ve hatlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. K içeriği en yüksek *Argentario* (2.83%) ve NUN9075 (2.82%) anaçları ile S1 (2.88%) ve B1 (2.81%) hatlarında bulunmuştur. En yüksek Mg içeriği NUN 9075 (0.39%) ve B2 hatlarından elde edilirken, diğer hatlarda yüksek değerler almış ve aynı grupta yer almıştır. Zn içeriği en yüksek NUN9075 (40.03 ppm) anacından elde edilirken, diğer anaçlarda yüksek değerler alarak aynı grupta yer almıştır. Mn içeriğinin en yüksek 3335 (58.80 ppm) anacından ve B1 hattından (52.01 ppm) alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Karpuz, aşılama, bitki besleme, anaç.

## Effects of Grafting Some Watermelon Lines on Different Rootstocks on Leaf Nutrient Contents under Greenhouse Conditions

### ABSTRACT

The aim of this study is to examine how grafting affects the concentration of plant nutrients in watermelon plants with different rootstocks and various skin color. This study was carried out in the greenhouses and laboratories of Mersin Alata Horticultural Research Institute in the 2020 spring/summer growing season. As rootstock, from the *Lagenaria* spp. group *Argentario*, from the *Cucurbita maxima*×*C. moschata* group Nun9075 and TZ148; and from the *Citrullus amarus* group PI 296341 were used. Turkey is an important producer for Nun9075 and TZ148, which are used as rootstocks for watermelon. B1, B2, S1 and S2 pure lines were used as scions. Pure lines S1 and S2 with striped rind ground pattern and pure lines B1 and B2 with dark green rind ground color were used. As a result, no direct relationship was found between rootstocks and watermelon lines in terms of plant nutrient uptake. Nitrogen (N) content was highest in *Argentario* (2.58%) rootstocks and S1 line (2.60%). Phosphorus (P) and iron (Fe) content did not show a statistically significant difference among rootstocks and lines. The highest potassium (K) content was found on *Argentario* (2.83%) and NUN9075 (2.82%) rootstocks and S1 (2.88%) and B1 (2.81%) lines. While the highest Mg content was obtained from NUN 9075 (0.39%) and B2 lines, it had high values in other lines and was included in the same group. While the highest Zn content was

obtained from NUN 9075 (40.03 ppm) rootstock, it was in the same group with high values in other rootstocks. The highest Mn content was obtained from rootstock 3335 (58.80 ppm) and B1 line (52.01 ppm).

**Key words:** Watermelon, grafting, plant nutrition, rootstock.

---

## INTRODUCTION

Watermelon is one of the most important members of the Cucurbitaceae family. World vegetable production is 1.3 billion tons, watermelon accounts for 7.7% (101.7 million tons) of this production. China is the world's largest producer of watermelons with a share of 59.19% (60 million tons), and Turkey is the second-largest producer with a share of 3.43% (3.5 million tons) (Faostat, 2020). A reduction in yield brought on by successive cropping and soil-borne infections, particularly *Fusarium* spp., is one of the most important issues with watermelon cultivation. Crop rotation, which suggests that watermelon should not be grown for at least five years in the same field infected with the *Fusarium* wilt pathogen, is one of the most successful techniques for reducing *Fusarium* wilt of watermelon (Messiaen, 1974). Besides that, grafting susceptible types onto resistant rootstocks may help manage some soil-borne diseases and improve yield and quality (Lee, 1994; Oda, 1995; Yetisir et al., 2003). The first goals of grafting in watermelon were to prevent soil-borne diseases such as *Fusarium* wilt (Salam et al., 2002; Yetisir et al., 2003; Yetisir et al., 2007), to encourage nutrient uptake (Pulgar et al., 2000) and plant growth (Yamasaki et al., 1994; Yetisir et al., 2003; Karaca et al., 2012), but these goals have increased significantly over time. Today's grafting techniques have been employed to increase plant tolerance to salt (Romero et al., 1997; Yetisir and Uygur, 2010), high (Bulder et al., 1990) and low (Rivero et al., 2003) temperatures, improved nutrient uptake (Ruiz et al., 1997), better water use (Cohen and Naor, 2002), improved alkalinity tolerance (Colla et al., 2010), improved tolerance to excessive soil moisture (Yetisir et al., 2006) and bioactive properties of grafted watermelons (Davis and Perkins-Veazie, 2005; Turhan et al., 2012; Petropoulos et al., 2014; Aras et al., 2015).

Previous researches (Yetisir, 2001; Colla et al., 2010; Yetisir et al., 2013) indicated that rootstock has an impact on the absorption, transport, and use of plant nutrients. However, there are no published data on the impact of rootstocks on the plant nutrient content of various ground watermelon skin colors. Goal of this study was to look at how grafting affects the concentration of plant nutrients in watermelon plants which different rootstocks and ground skin colors lines..

## MATERIAL AND METHOD

During the 2020 spring/summer growing season, this study was conducted in the greenhouses and labs of the Alata Horticultural Research Institute in Mersin, Türkiye.

### Plant Materials

Rootstocks included Argentario (Syngenta Seed Company, Holland) from a commercial rootstock, 3335 from Turkish landraces of the *Lagenaria* spp. group, Nun9075 (Nunhems Seed Company, Holland) and TZ148 (HM Clause Seed Company, France) from commercial rootstocks of the *C. maxima*×*C. moschata* group, and PI 296341 from *Citrullus amarus*. Türkiye is a major producer of the hybrid rootstocks Nun9075 and TZ148. Türkiye has recently seen a decline in the use of gourd group rootstocks. The hybrid Argentario was chosen from the gourd family and was utilized for a while in Turkey. Additionally, 3335 lines generated by Yetişir et al. (2007) and Karaca et al. (2012) from the gourd group were employed. PI296341, a watermelon genotype resistant to races 0, 1, and 2, belongs to the *Citrullus amarus* genus. As scions, the Alata Horticultural Research Institute in Turkey's B1, B2, S1, and S2 pure lines were used. Striped rind pattern can be seen on the S1 and S2 pure lines. Dark green rind pattern can be found in the B1 and B2 pure lines (Figure 1). All pure lines were grafted onto each rootstock. Three duplicates in the randomized complete block design with twenty plants in each replicate made up the experimental design.



Figure 1. The lines used in the study (S1 and S2 striped rind pattern lines; B1 and B2 dark green rind pattern lines)

### Seed sowing, grafting, and transplanting

Seed sowing for all scions and rootstocks were started on 30<sup>th</sup> December 2020. In Antalya Seedling Company, the grafting was done using the splice/one cotyledon grafting technique. When the rootstock and cotyledons first genuine leaf start to form, grafted is carried out. The growing tip and cotyledon are clipped. In order to remove one cotyledon and its growing tip, the seedling is cut obliquely from the base of one cotyledon to 0.8–1.0 cm below the other cotyledon. An angle of 35° to 45° should be used when cutting the hypocotyl of the scion, with the length matching that of the rootstock (Davis et al., 2008; Bie et al., 2017). The grafting clip is used to secure the scion to the rootstock. Before being transferred to a greenhouse maintained at 21 °C to 30 °C or until the joint had healed, the grafted plants were housed in a dark environment at 25°C and 100% humidity for three days. On March 6, 2020, all seedlings were planted at 36°37'50.73"N, 34°20'43.68"E, and 4 meters above sea level in various polyethylene covered greenhouses at the Alata Horticultural Research Institute, with a 1.5 m between and 0.4 m within plant distances. By suspending plants from a rope and eliminating their secondary axes, plants were grown on a single stem.

Device called hobo were placed in greenhouses to collect climate data. Table 1 lists the minimum, maximum, average, and relative humidity readings for each month. March saw both the greatest (46.4°C) and the lowest (4.2°C) temperatures. The maximum relative humidity (97.5%) and the lowest (23.1%) were measured in terms of relative humidity, respectively, in March and May.

Table 1. Climate values during the trial in greenhouse

Climate Factor		March	April	May	June	July
Temperature (°C)	Minimum	4.2	7.5	10.5	12.9	22.3
	Maximum	46.4	33.4	44.6	41.2	40.5
	Average	19.9	19.4	23.9	26.4	29.9
Relative humidity (%)	Minimum	25.5	24.0	23.1	33.3	41.9
	Maximum	97.5	72.4	97.2	97.0	89.6
	Average	71.4	72.4	67.0	71.0	70.8

A drip irrigation system was used for the watering and fertilization. The irrigation system began with the planting of seedlings of all the accessions utilized in this study, and it was continued as needed based on the greenhouse climate. Before the experiment, the soil of old greenhouses was analyzed. The soil had a loamy texture, was highly calcareous, had a normal salinity, was alkaline, had weak inorganic compounds, and had little potassium to support a significant amount of phosphorus (Table 2). According to the findings of the soil study, pure fertilizers in the amounts of 140–160 kg N/ha, 80–100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, and 60–80 kg K<sub>2</sub>O/ha were used (Gucdemir, 2012). Drip irrigation was used to apply fertilizers. By separating the watermelon into three sections according to the three stages of growth, nitrogen, phosphorus, and potassium are provided. Since phosphorus fixation is high in calcareous soils, phosphorus was divided into the experimental area. Up to the first female blossom, the first stage is defined. The second phase spans the time between the points at which the first female bloom appears and the time when the fruits are the size of an apple. The third stage includes the time between the fruits' apple-size development and harvest. Regular pesticide applications for identified illnesses and pests were made, and mechanical weeding and trimming were also carried out.

Table 2. Analysis of the greenhouse's soil

Analyzes	Limit Values	Analysis Results (0-30 cm)
Texture (100 g/ml)	30-50	34.00 (loamy)
Total calcitic (CaCO <sub>3</sub> %)	5-15	27.20 (high calcareous)
Salinity E.C. ds/m (25 °C)	0-0.8	0.85 (optimum)
Organic matter (%)	3-4	2.20 (deficient)
pH 1: 2,5	6.0-7.0	7.66 (alkaline)
Available potassium (mg/kg)	244-300	54.70 (very low)
Receivable phosphorus (mg/kg)	20-40	34.10 (optimum)

### Statistical analysis

The JMP 7.0 statistics program's (v7.00, SAS Institute Inc., NC 27513-2414, USA) Tukey test according to random blocks trial design was used for the statistical analysis, with a significance threshold of  $P \leq 0.05$ . After applying angle transformation to percentage data, statistical analyses were carried out.

## RESULTS

In terms of nitrogen, the highest value among rootstocks was taken from Argentario (2.58%), and the lowest value was taken from TZ148 (2.40%). In terms of lines, the highest value was obtained from line S1 (2.60%) and the lowest value was obtained from line B2 (2.43%). In terms of interaction, the highest value was obtained from line S2 grafted on PI296341 (2.85%), and the lowest value was obtained from line S2 grafted on TZ148 rootstock (2.20%) (Table 3). Nitrogen (N) is the element that plants require the most. N, an essential component of proteins, nucleic acids, chlorophyll, co-enzymes, phytohormones, and secondary metabolites, makes up about 1-5% of the total dry matter in plants (Hawkesford et al., 2012). One of the most frequent issues with plant nutrients for the production of watermelons is nitrogen deficit. Any time during the growing season, n deficits can have an impact on crop productivity and quality (Doerge et al., 1991). Nitrogen deficiency causes plants to shrink and have lighter-green leaves than typical. This color effect is brought on by the decreased chlorophyll

concentration (Hawkesford et al., 2012). Chlorosis brought on by a lack of N often begins in the older leaves and spreads as N is remobilized to the younger leaves. According to Tucker (1984); Taiz and Zeiger (2006); crops deficient in N seem light green or even yellow.

Table 3. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the nitrogen element content in the leaf(%)\*

Rootstocks	Pure Lines				Average
	B1	B2	S1	S2	
NUN9075	2.55 abc	2.37 abc	2.83 a	2.40 abc	2.54 AB
TZ148	2.65 abc	2.42 abc	2.32 bc	2.20 c	2.40 B
Argentario	2.50 abc	2.42 abc	2.78 ab	2.63 abc	2.58 A
3335	2.40 abc	2.32 bc	2.73 ab	2.8 ab	2.56 AB
PI296341	2.45 abc	2.63 abc	2.32 bc	2.85 a	2.56 AB
<b>Average</b>	2.51 AB	2.43 B	2.60 A	2.58 AB	
CV: 3.02					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	0.0334	0.0329	<.0001		

\* Angle transformation was applied to the percentage values and statistical analyses were performed after that

In terms of phosphorus, there was no statistically significant difference between rootstocks, and between lines. In terms of interaction, the highest value was obtained from line B1 (0.30%) grafted on TZ148, and the lowest value was obtained from line S1 (0.24%) grafted on PI296341 rootstock (Table 4). Since it is necessary for the transmission and storage of energy during cell metabolism (Jin et al., 2006; Amtmann and Blatt, 2009), phosphorus (P) is an important macronutrient for plants (Akhtar et al., 2009; Cetner et al., 2020). A necessary ingredient for effective fruit set and fruit growth, particularly from flowering through final fruit formation, is phosphorus. Due to increased anthocyanin synthesis, plants growing in P-deficient soil frequently appear crimson (Marschner, 1995). In addition to developing red and purple colours, plants with low amounts of phosphorus usually have darker green leaves and stems (Sanchez, 2007).

Table 4. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the phosphorus element content in the leaf (%)\*

Rootstocks	Pure Lines				Average
	B1	B2	S1	S2	
NUN9075	0.27 a-d	0.25 cde	0.28 abc	0.24 de	0.26
TZ148	0.30 a	0.25 b-e	0.25 b-e	0.24 de	0.26
Argentario	0.26 b-e	0.26 a-e	0.28 ab	0.25 b-e	0.26
3335	0.26 b-e	0.24 de	0.28 ab	0.28 ab	0.27
PI296341	0.25 b-e	0.28 ab	0.24 e	0.27 a-e	0.26
<b>Average</b>	0.27	0.26	0.27	0.26	
CV: 3.88					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	0.9217	0.3969	0.0038		

\* Angle transformation was applied to the percentage values and statistical analyses were performed after that

Among the rootstocks, the highest values for potassium were obtained from Argentario (2.83%) and NUN9075 (2.82%), while the lowest values were obtained from 3335 (2.45%), TZ148 (2.56%) and PI296341 (2.64%). In terms of lines, the highest values were obtained from line S1 (2.88%) and line B1 (2.81%), and the lowest value was obtained from line B2 (2.37%). In terms of interaction, the highest value was obtained from line B1 (3.30%) grafted on PI296341, and the lowest value was obtained from line B2 (1.22%) grafted on PI296341 rootstock (Table 5). According to Schachtman and Liu (1999), K is an essential component for plant growth and development. Osmoregulation, photosynthesis, enzyme activation, the synthesis of carbohydrates, nucleic acids, and proteins, as well as the regulation of water status are among the critical processes it plays a role in in plant cells (Mengel and Kirkby, 2001). K also aids in the control of plant diseases and increases drought, heat, and cold

resistance (Qian et al., 1997; Fageria, 2009; Rowland et al., 2010). The earliest indications of a K deficit are a decrease in plant growth rate (leading in stunted growth) and darker-than-normal leaf color. More glaring defects start to emerge as the plant ages. The symptoms begin at the distal end (tip) of the leaf. The base of the leaf is typically remains a dark green color (Tiwari, 2005).

Table 5. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the potassium element content in the leaf (%)\*

Rootstocks	Pure Lines				
	B1	B2	S1	S2	Average
NUN9075	3.12 ab	2.46 cde	3.11 ab	2.60 b-e	2.82 A
TZ148	2.48 cde	2.77 a-d	2.79 abc	2.20 de	2.56 B
Argentario	2.48 cde	2.88 abc	2.89 abc	3.06 abc	2.83 A
3335	2.66 b-e	2.54 b-e	2.47 cde	2.15 de	2.45 B
PI296341	3.30 a	1.22 f	3.17 ab	2.86 abc	2.64 B
<b>Average</b>	2.81 A	2.37 C	2.88 A	2.57 B	
CV: 3.76					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	<.0001	<.0001	<.0001		

\*Angle transformation was applied to the percentage values and statistical analyses were performed after that

In terms of calcium content, the lowest value among rootstocks was obtained from TZ148 (2.98), while other rootstocks took the highest values and took place in the same group. In terms of lines, while line S2 (2.99%) had the lowest value, the other lines had the highest values and were in the same group. In terms of interaction, the highest values were obtained from line B2 (3.36%) grafted on 335, line B1 (3.32%) grafted on Argentario rootstock, line B2 grafted on TZ148 rootstock and line B1 (3.28%) grafted on NUN9075 rootstock, while the lowest values were obtained from line no. line S2 (2.58%) was grafted onto TZ148 rootstock (Table 6). Calcium is necessary for life to exist. Because it acts as a signal for numerous cell functions, such as the creation of new cell walls in the mitotic spindle during cell division, it is very important to the physiology of cells (Taiz and Zeiger, 2006; Shao et al., 2008). Weak stems, early flower dehiscence, necrosis of fruit and tubers, chlorosis of the youngest leaves, deformities, necrosis of fruit and tubers, necrosis of shoot apices, and failure to set seed are all symptoms of calcium deficiency in various plants (Bould et al., 1983; Bergmann, 1992; Pilbeam and Morley, 2007).

Table 6. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the calcium element content in the leaf (%)\*

Rootstocks	Pure Lines				
	B1	B2	S1	S2	Average
NUN9075	3.28 a	3.24 ab	3.07 abc	3.17 abc	3.19 A
TZ148	3.21 abc	3.29 a	2.86 cd	2.58 d	2.98 B
Argentario	3.32 a	3.15 abc	3.24 ab	3.16 abc	3.22 A
3335	3.16 abc	3.36 a	3.26 ab	2.90 cd	3.17 A
PI296341	2.99 abc	3.16 abc	3.21 abc	3.12 abc	3.12 A
<b>Average</b>	3.19 A	3.24 A	3.13 A	2.99 B	
CV: 1.93					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	0.0001	<.0001	<.0001		

\*Angle transformation was applied to the percentage values and statistical analyses were performed after that

Regarding magnesium content, the highest value among rootstocks was obtained from NUN9075 (0.39%) and the lowest value was obtained from PI296341 (0.32%). Among the lines, line B2 exhibited the lowest value, whereas the other lines exhibited higher values and belonged to the same group. In terms of interaction, the highest value was obtained from line B1 (0.41%) grafted on NUN9075, and the lowest value was obtained from line B2 (0.16%) grafted on PI296341 rootstock (Table 7). Magnesium (Mg), a crucial macronutrient, is required in

large quantities by plants in order to grow and reproduce (Granssee and Führs, 2013; Cakmak and Yazici, 2010). The biological framework for the uptake of solar energy and the subsequent production of oxygen and carbohydrates is established by the role of magnesium as the core atom in chlorophyll molecules (Grzebisz, 2015). According to Amtmann and Blatt (2009), magnesium also plays a role in energy conversion and preservation.

Table 7. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the magnesium element content in the leaf (%)\*

Rootstocks	Pure Lines				Average
	B1	B2	S1	S2	
NUN9075	0.41 a	0.39 abc	0.37 abc	0.40 ab	0.39 A
TZ148	0.36 a-d	0.39 abc	0.33 bcd	0.29 d	0.34 B
Argentario	0.36 a-d	0.34 a-d	0.35 a-d	0.35 a-d	0.35 B
3335	0.34 a-d	0.34 a-d	0.33 bcd	0.32 cd	0.33 BC
PI296341	0.36 a-d	0.16 e	0.39 abc	0.37 abc	0.32 C
<b>Average</b>	0.36 A	0.33 B	0.35 A	0.35 A	
CV: 3.40					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	<.0001	<.0001	<.0001		

\* Angle transformation was applied to the percentage values and statistical analyses were performed after that

In terms of iron, the highest values among rootstocks were obtained from 3335 (81.73 ppm), Argentario (78.46 ppm), TZ148 (75.42 ppm) and the lowest value was obtained from PI296341 (58.79 ppm). In terms of iron, the highest values among lines was obtained from B1 (84.94 ppm) and the lowest value were obtained from S2 (63.67 ppm) and S1 (67.71). In terms of interaction, the highest value was obtained from line B2 (120.84 ppm) grafted on 3335, and the lowest value was obtained from line B2 (23.29 ppm) grafted on PI296341 rootstock (Table 8).

Table 8. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the iron element content in the leaf (ppm)

Rootstocks	Pure Lines				Average
	B1	B2	S1	S2	
NUN9075	77.98 a-d	59.51 cde	70.98 bcd	70.80 bcd	69.82 AB
TZ148	101.50 abc	87.27 a-d	53.72 de	59.21 cde	75.42 A
Argentario	104.11 ab	84.37 a-d	64.90 b-e	60.45 b-e	78.46 A
3335	69.79 bcd	120.84 a	74.99 bcd	61.32 b-e	81.73 A
PI296341	71.33 bcd	23.29 e	73.96 bcd	66.58 b-e	58.79 B
<b>Average</b>	84.94 A	75.06 AB	67.71 B	63.67 B	
CV: 19.39					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	0.0029	0.0011	<.0001		

Regarding to zinc element, the lowest value among rootstocks was obtained from 3335 (17.50 ppm) rootstock, while other rootstocks took the highest values and took place in the same group. There was no statistically significant difference between the lines. In terms of interaction, the highest value is from line B2 grafted on TZ148 (40.03 ppm), the lowest values were obtained from line B2 grafted on nun9075 (13.46 ppm), line S1 grafted on NUN9075 (16.17 ppm), line S2 grafted on NUN9075 (16.24 ppm), line S2 grafted on 3335 (16.50 ppm), line B1 grafted on TZ148 (18.00 ppm), and line B2 grafted on 3335 (18.62 ppm) (Table 9). Zinc (Zn) is essential for the structural and functional integrity of many macromolecules, including hundreds of enzymes (Alloway, 2009; Broadley et al., 2012; Coleman, 1998). Auxin, protein, and carbohydrate metabolism are only a few of the processes that Zn is crucial for (Marschner, 1995; Reddy, 2006; Broadley et al., 2007).



Table 9. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the zinc element content in the leaf (ppm)

Rootstocks	Pure Lines				
	B1	B2	S1	S2	Average
NUN9075	23.79 bcd	40.03 a	16.17 d	16.24 d	24.06 A
TZ148	18.00 d	21.65 bcd	30.08 abc	31.42 ab	25.29 A
Argentario	32.32 ab	13.46 d	30.56 ab	29.93 abc	26.57 A
3335	22.27 bcd	18.62 d	12.61 cd	16.50 d	17.50 B
PI296341	18.72 cd	30.93 ab	30.65 ab	23.27 bcd	25.89 A
<b>Average</b>	23.02	24.94	24.01	23.47	
CV: 15.96					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	<.0001	0.5554	<.0001		

In terms of manganese, the highest value was taken from 3335 (58.80) rootstock and the lowest value was obtained from TZ148 (32.60) rootstock. Among the lines, the highest value was obtained from line B1 (52.01), and the lowest value was obtained from line S2. In terms of interaction, the highest value was obtained from line B2 (81.44) grafted on 3335, and the lowest value was obtained from line B2 (10.64) grafted on PI296341 (Table 10). Typically, plants don't exhibit signs of Mn deficiency until their growth and productivity are severely stunted. Diffuse interveinal chlorosis on young, expanded leaf blades is a frequent manifestation of the foliar symptoms of Mn insufficiency (Memon et al., 1981). Significant necrotic patches or streaks may also emerge on the leaves of plants with severe deficits. Symptoms typically start out on the center leaves (Humphries et al., 2007).

Table 10. The effect of grafting different lines on different rootstocks on the manganese element content in the leaf (ppm)

Rootstocks	Pure Lines				
	B1	B2	S1	S2	Average
NUN9075	46.14 d-h	35.16 hij	30.22 ij	35.52 g-j	36.76 CD
TZ148	41.52 e-i	37.69 f-i	25.21 j	25.99 j	32.60 D
Argentario	61.19 bc	53.48 bcd	48.40 def	46.78 d-g	52.46 B
3335	60.22 bc	81.44 a	61.90 bc	31.64 ij	58.80 A
PI296341	50.99 cde	10.64 k	62.84 b	39.67 e-i	41.04 C
<b>Average</b>	52.01 A	43.68 B	45.71 B	35.92 C	
CV: 8.38					
	Rootstocks	Lines	Rootstock×Line		
Prob>f	<.0001	<.0001	<.0001		

## DISCUSSION and CONCLUSION

In our study, NUN9075 and Argentario rootstocks generally came to the fore in terms of elements, while B1 and S1 lines came to the fore from the lines. In terms of rootstock×scion interaction, 3335×B2 interaction came to the fore in terms of magnesium, calcium and iron, while there was no rootstock×scion combination that came directly to the fore in terms of other elements.

This outcome demonstrates the critical impact of root system vigor on vegetative development (Chouka and Jebari, 1999). This could be explained by varying plant vigor in various rootstock/scion combinations (Leonardi and Giuffrida, 2006) because of a robust root system that is frequently capable of absorbing water and nutrients more efficiently than scion roots (Ruiz et al., 1997; Rivero et al., 2003), or by changes in endogenous hormone levels (Zijlstra et al., 1994). Although scion genotypes were discovered to be more successful in modifying leaf mineral content, considerable rootstock influence on leaf mineral content was not identified in grafted fruit plants (Chaplin et al., 1980). One of the main reasons for the widespread use of rootstocks is to

improve the uptake of water and minerals, which is how the rootstock's impact on the mineral composition of aerial plant parts was primarily explained by physical characteristics of the root system, such as lateral and vertical development (Yetisir et al, 2013). Increased use of N grafted melon (Ruiz et al., 1997) and watermelon (Colla et al., 2010) was recorded, and it was suggested that the strength of the scion and rootstock played a significant influence in the uptake and transfer of nutrients in grafted fruit trees (Tagliavani et al., 1993). The nitrogen content in grafted Solanaceous crops (tomato and pepper) plants did not change significantly among the graft combinations (tomato/tomato, tomato/pepper, pepper/tomato, and pepper/pepper) (Kawaguchi et al., 2008). Under better alkalinity circumstances, grafted watermelon onto several rootstocks showed no discernible variation in nitrogen status (Colla et al., 2010). The amount of N in our leaf samples was sufficient (2.5-3.5%) (Reuter and Robinson, 1986; Zengin, 2012; Egel et al., 2017). In our study, N content showed statistical differences between rootstocks and lines. According to Kawaguchi et al. (2008), rootstocks play a significant part in the uptake and transfer of P in solanaceous plants. The rootstock × scion interaction had a positive impact on the P content of the grafted melon plants, as shown by Ruiz et al. (1997). Under salt (Uygur, 2009), alkalinity (Colla et al., 2010), and heavy metal (Rouphael et al., 2008) stress conditions, grafted watermelon showed greater leaf P content. The amount of P in the leaf samples was sufficient (0.3-0.7%) (Reuter and Robinson, 1986). P content there was no statistically significant difference between rootstocks, and between lines. Some authors found similarly that (Leonardi and Giuffrida, 2006; Qi et al., 2006; Goreta et al., 2008; Zhu et al., 2008; Ceylan et al., 2018) to our study, grafting increases K absorption, while Ruiz et al. (1997) reported that it decreased. In the leaf samples, the amount of K was generally sufficient (2.2-5.5%) (Reuter and Robinson, 1986).

Ruiz et al. (1997) and Ceylan et al. (2018) did not find a significant effect on the leaf Ca and Mg contents of varieties and rootstocks. But according to Colla et al. (2010), Ca and Mg contents were influenced by the scion and rootstocks, and the grafted plant onto pumpkin rootstocks had a higher Mg content than the rootstocks of bottle gourds. In our study, Ca content (2.2-5.5%) was sufficient, while Mg content (0.4-1.2%) was found to be slightly low in general (Reuter and Robinson, 1986).

According to Savvas et al. (2010), grafting onto certain rootstocks may improve the efficiency of macronutrient absorption and/or use by plants. Ceylan et al., (2018) found significant differences in terms of Fe content both in terms of varieties and in terms of rootstocks. According to Savvas et al. (2009), grafted tomatoes collected less Cu and Fe. The total amount of microelements decreased, according to Huang et al. (2010), although Fe, Mn, Cu, and Zn did not differ significantly from ungrafted control plants. It has been suggested that phytosiderophores and the acidifying chemicals altering the availability of these elements in the rhizosphere may be the cause of the variations between rootstocks with regard to the uptake of Fe and Cu (Mench and Farques 1994). According to Ceylan et al., (2018), while the Zn content of leaves showed a significant difference between rootstocks, no difference was found in terms of Mn content. The rootstock's capacity to reject excessive micronutrients was hypothesized to be the cause of the decrease in microelement in grafted plants (Rouphael et al., 2008; Huang et al., 2010). The rootstock and scion features affect the mineral composition of the plants, albeit the effect of the scion and rootstocks may vary depending on the element's availability and the environment (Martínez-Ballesta et al., 2010). According to Ruiz et al. (1997) and Uygur and Yetisir (2009), grafted plants grew more successfully than non-grafted ones, and the mineral content of the leaves of sweet melons and watermelons was significantly affected. In our study, Fe (120-335 ppm) and Mn (60-240 ppm) contents were found to be low, while Zn contents (20-60 ppm) was generally sufficient (Reuter and Robinson, 1986).

As a result, there was no direct prominence in plant nutrient intake in terms of pumpkin and bottle gourd rootstocks and dark or striped rind pattern lines. A scion/rootstock combination did not come into prominence directly. Different combinations for each element came to the fore. Any deficiency symptoms were not seen, and the nutritional concentration ranges of the measured components were within the standard or normal levels stated for watermelon however iron element level was low (Reuter et al., 1986; Egel et al., 2017). Both rootstocks and scions had a considerable impact on the concentration of plant nutrients in the leaf. Under certain climatic and geographic conditions, rootstock/scion combinations should be carefully chosen, and cultural activities (plant density, fertilization, irrigation, and harvest) should be carried out appropriately depending on the rootstocks/scion combination (Yetisir et al., 2013).

**Acknowledgements:** The author is thanks to Alata Horticultural Research Institute and Rasim ARSLAN for leaf nutrient analysis.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest concerned to this work.

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

## REFERENCES




- Akhtar, M.S., Oki, Y., Adachi, T. 2009. Mobilization and Acquisition of Sparingly Soluble P-Sources by Brassica Cultivars Under P-Starved Environment I. Differential Growth Response, P-Efficiency Characteristics and P-Remobilization. *Journal of Integrative Plant Biology* 51: 1008–1023.
- Alloway, B.J. 2009. Soil Factors Associated With Zinc Deficiency in Crops and Humans. *Environ. Geochem. Health* 31:537–548.
- Amtmann, A. and Blatt, M.R. 2009. Regulation of Macronutrient Transport. *New Phytologist* 181, 35-52
- Aras, V., Oluk, C. A., Yazici, E., Karasahin, Z., Ünlü, M. 2015. Determination of some quality and bioactive properties of "Crimson Tide" and "Pascal" watermelon varieties grafted on Obese and Tz148 Rootstocks. VII. National horticultural congress, 25 -29 August 2015, Çanakkale, Türkiye.
- Bergmann, W. 1992. *Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis*. Jena, Germany: Gustav Fischer.
- Bie, Z., Nawaz, M.A., Huang, Y., Lee, J.M., Colla, G. 2017. Introduction of vegetable grafting. In: *Vegetable grafting, principles and practices*. Colla, G., Alfocea F.P., and Schwarz, D. (Editors.), CABI Publishing, UK.
- Bould, C., Hewitt, E.J. and Needham, P. 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants, Vol. 1: Principles*. London, U.K.: HMSO.
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z. and Zhao, F. 2012. Function of Nutrients: Micronutrients. In *Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd edn.*, ed. P. Marschner, pp. 191–248. London, U.K.: Academic Press.
- Broadley, M.R., White, P.J., Hammond, J.P., Zelko, I., Lux, A. 2007. Zinc in Plants. *New Phytologist* 173, 677-702.
- Bulder, H.A.M., Van Hasselt, P.R., Kuiper, P.J.C., Speek, E.J. and Den Nijs A.P.M. 1990. The effect of low root temperature in growth and lipid composition of low temperature tolerant rootstock genotypes for cucumber. *Journal of Plant Physiology*, 138, 661-666. doi:10.1016/S0176-1617(11)81312-X
- Cakmak, I. and Kirkby, E.A. 2008. Role of Magnesium in Carbon Partitioning and Alleviating Photooxidative Damage. *Physiol. Plant.* 133, 692–704.
- Cakmak, I., Yazici, A.M. 2010. Magnesium: A Forgotten Element in Crop Production. *Better Crop*. 2010, 94, 23–25.
- Cetner, M.D., Kalaji, H.M., Borucki, W., Kowalczyk, K. 2020. Special issue in honour of Prof. Reto J. Strasser- Phosphorus Deficiency Affects the I-Step of Chlorophyll a Fluorescence Induction Curve of Radish. *Photosynthetica*, 58(SPECIAL ISSUE), 671-681. doi: 10.32615/ps.2020.015
- Ceylan, Ş., Alan, Ö., Elmaci, Ö.L., 2018. Effects of Grafting on Nutrient Element Content and Yield in Watermelon. *Ege University, Agricultural Faculty Journal*, 2018, 55 (1):67-74. doi:10.20289/zfdergi.390891
- Chaplin, M.H. And Westwood, M.N. 1980. Nutritional status of "Bartlett" pear on Cydonia and Pyrus species rootstocks. *Journal of American Society Horticultural Science*, 105, 60-63. doi:10.21273/JASHS.105.1.60
- Chouka, A., and Jebari, H. 1999. Effect of grafting on watermelon vegetative and root development, production and fruit quality. *Acta Horticulturae*, (492), 85–94. doi:10.17660/actahortic.1999.492.10
- Cohen, S. and Naor, A. 2002. The effect of three rootstocks on water use canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant, Cell and Environment*, 25, 17-28. doi:10.1046/j.1365-3040.2002.00795.x
- Coleman, J.E. 1998. Zinc Enzymes. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 2:222–234.
- Colla, G., Roupael, Y., Cardarelli, M., Salernoc, A. and Reac, E. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*, 68, 283-291. doi:10.1016/j.envexpbot.2009.12.005
- Davis, A.R., and Perkins-Veazie, P. 2005. Rootstock effects on plant vigor and watermelon fruit quality. *Cucurbit Genetics Cooperative*, 28/29: 39-42.
- Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S.R. and Zhang, X. 2008. Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*, 43(6), 1670–1672. doi:10.21273/hortsci.43.6.1670
- Doerge, T., Roth, R., Gardner, B. 1991. *Nitrogen Management Guide for Watermelon*. In *Nitrogen Fertilizer Management in Arizona*. The University of Arizona.
- Egel, D., Foster, R., Maynard, E., Weller, S., Babadoost, M., Nair, A., Rivard, C., Kennelly, M., Hausbedk, M., Hutchinson, B., Eaton, T., Welty, C., and Miller, S. 2017. *Midwest vegetable production guide for commercial growers*.
- Fageria, N.K. 2009. *Nutrient Uptake in Crop Plants*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Farhat, N., Rabhi, M., Krol, M., Barhoumi, Z., Ivanov, A. G., McCarthy, A., Abdelly, C., Smaoui, A., Hüner, N. P. A. 2014. Starch and Sugar Accumulation in Sulla Carnosa Leaves Upon Mg<sup>2+</sup> Starvation. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(8), 2157–2165. doi:10.1007/s11738-014-1592-y
- Faostat, 2020. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (date: 01 November 2022)

- Gucdemir I.H. 2012. Plant Nutrition recipe preparation technique based on soil analysis and practical examples. In Plant Nutrition (Ed. Karaman M R) pp. 961-1066.
- Goreta, S., Bucevic-Popovic, V., Selak, G V., Pavela-Vrancic, M., and Perica, S. 2008. Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. *The Journal of Agricultural Science*, 146(06), 695. doi:10.1017/s0021859608007855
- Gransee, A., Führs, H. 2013. Magnesium Mobility in Soils as a Challenge for Soil and Plant Analysis, Magnesium Fertilization and Root Uptake Under Adverse Growth Conditions. *Plant and Soil*, 368(1-2), 5–21. doi:10.1007/s11104-012-1567-y
- Grzebisz, W. 2015. Magnesium. In *Handbook of Plant Nutrition*, eds. A.V. Barker and D.J. Pilbeam, pp. 199-260. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager, I., White, P. 2012. Functions of macronutrients. In *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd ed.; Marschner, H., Ed.; Academic Press: London, UK, pp. 135–189.
- Huang, Y., Bie, Z., He, S., Hua, B., Zhen, A., and Liu, Z. 2010. Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. *Environmental and Experimental Botany*, 69(1), 32–38. doi:10.1016/j.envexpbot.2010.02.002
- Humphries, J.M., Stangoulis, J.C.R., Graham, R.D. 2007. Manganese. In *Handbook of Plant Nutrition*, eds. A.V. Barker and D.J. Pilbeam, pp. 352–374. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Jin, J., Wang, G., Liu, X., Pan, X., Herbert, S. J., Tang, C. 2006. Interaction Between Phosphorus Nutrition and Drought on Grain Yield, and Assimilation of Phosphorus and Nitrogen in Two Soybean Cultivars Differing in Protein Concentration in Grains. *Journal of Plant Nutrition*, 29(8), 1433–1449. doi:10.1080/01904160600837089
- Karaca, F., Yetişir, H., Solmaz, İ., Candir, E., Kurt, S., Sari, N. and Güler, Z. 2012. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, yield, and quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 167-177.
- Kawaguchi, M., Taji, A., Backhouse, D., and Oda, M. 2008. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83(5), 581–588. doi:10.1080/14620316.2008.11512427
- Lee, J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods and benefits, *HortScience*, 29, 235-39.
- Leonardi, C. and Giuffrida, F. 2006. Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 71 (3). S. 97-101, ISSN 1611-4426. doi:10.2307/24126634
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of High Plants* (2<sup>nd</sup> Edn), London Academic Press, London, 889 pp.
- Martínez-Ballesta, M. C. Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., and Carvajal, M. 2010. Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 112–118. doi:10.1016/j.scienta.2010.08.002
- Mench, M. J., and Fargues, S. 1994. Metal uptake by iron-efficient and inefficient oats. *Plant and Soil*, 165(2), 227–233. doi:10.1007/bf00008066
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 2001. *Principles of Plant Nutrition* (4<sup>th</sup> Edn), International Potash Institute, Switzerland, 687 pp.
- Memon, A.R., Chino, M., Hara, K., Yatawawa, M. 1981. Microdistribution of Manganese in the Leaf Tissue of Different Plant Species as Revealed by X-Ray Microanalyser. *Physiol. Plant.* 53, 225–232.
- Messiaen, C.M. 1974. *Le Potager Tropical* (1- généralités). Agence de Coop., Culturelle et Technique Publisher, Paris.
- Oda, M. 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 29, 187-198.
- Qian, Y.L., Fry, J.D., Upham, W.S. 1997. Rooting and Drought Avoidance of Warm-Season Turfgrasses and Tall Fescue in Kansas. *Crop Sci.* 37:905–910.
- Qi, H.Y., Y.F. Liu, D. Li and T.L. Li. 2006. Effects of grafting on nutrient absorption, hormone content in xylem exudation and yield of melon (*Cucumis melo* L.). *Plant Physiology Communications*, 42:199–202.
- Petropoulos, S.A., Olympios, C., Ropokis, A., Vlachou, G., Ntatsi, G., Paraskevopoulos, A., and Passam, H.C. 2014. Fruit Volatiles, Quality, and Yield of Watermelon as Affected by Grafting. *J. Agr. Sci. Tech.*, 16: 873-885.
- Pilbeam, D.J. and Morley, P.S. 2007. Calcium. In *Handbook of Plant Nutrition*, eds. A.V. Barker and D.J. Pilbeam, pp. 121–144. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Pulgar, G., Villora, G., Moreno, D.A. and Romero, L. 2000. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: Nitrogen metabolism. *Plant Biology*, 43, 607-609. doi:10.1023/A:1002856117053

- Reddy, K.J. 2006. Nutrient Stress. In: Rao KVM, Raghavendra AS, Reddy KJ (Eds) Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants, Springer, Netherlands, pp 187-217.
- Reuter, D.J. and Robinson, J.B. 1986. Plant Analysis: An interpretation manual. Melbourne, Sydney: Inkata Press. p.218.
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Sanchez, E., and Romero, L. 2003. Does grafting provide tomato plants an advantage against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production under conditions of thermal shock? *Physiologia Plantarum*, 117(1), 44–50. doi:10.1034/j.1399-3054.2003.1170105.x
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., and Colla, G. 2008. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1-3), 49–58. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.10.015
- Romero, L., Belakbir, A., Ragala, L. and Ruiz, M. 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: Effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 43, 855-862. doi:10.1080/00380768.1997.10414652
- Rowland, J.H., Cisar, J.L., Snyder, G.H., Sartain, J.B.A., Wright, L., Erickson, J.E. 2010. Optimal Nitrogen and Potassium Fertilization Rates for Establishment of Warm-Season Putting Greens. *Agron. J.* 102:1601–1605.
- Ruiz, J. M., Belakbir, A., López-Cantarero, I., and Romero, L. 1997. Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*, 71(3-4), 227–234. doi:10.1016/s0304-4238(97)00106-4
- Salam, M.A., Masum, A.S.M.H., Chowdhury, S.S., Dhar, M., Saddeque, A., and Islam, M.R. 2002. Growth and yield of watermelon as influenced by grafting. *J. Biol. Sci.*, 2: 298-299.
- Sanchez, C.A. 2007. Phosphorus. In: Barker AV, Pilbeam DJ (Eds) Handbook of Plant Nutrition (1<sup>st</sup> Edn), CRC Taylor and Francis, NY, pp 411-435.
- Savvas, D., Papastavrou, D., Ntatsi, G., Ropokis, A., Olympios, C., Hartmann, H. and Schwarz, D. 2009. Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *HortScience*, 44, 1978-1982. doi:10.21273/HORTSCI.44.7.1978
- Savvas, D., Colla, G., Rouphael, Y., and Schwarz, D. 2010. Amelioration of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 156–161. doi:10.1016/j.scienta.2010.09.011
- Schachtman, D., Liu, W. 1999. Molecular Pieces to The Puzzle of The Interaction Between Potassium and Sodium Uptake in Plants. *Trends in Plants Science*. Volume 4, Issue 7, 1 July 1999, Pages 281-287. doi:10.1016/S1360-1385(99)01428-4.
- Schmidt, S.B., Jensen, P.E., Husted, S. 2016. Manganese Deficiency in Plants: The Impact on Photosystem II, *Trends in Plant Science*, Volume 21, Issue 7, Pages 622-632, <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.03.001>.
- Shao, H.B., Song, W.Y., Chu, L.Y. 2008. Advances of Calcium Signals Involved in Plant Anti-Drought. *Comptes Rendus Biologies* 331, 587-596.
- Tagliavani, M., Bassi, D. and Marangoni, B. 1993. Growth and mineral nutrition of pear rootstocks in lime soils. *Scientia Horticulturae*, 54, 13-22. doi:10.1016/0304-4238(93)90079-6
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. *Plant Physiology* (4th Edn), Sinauer Associates, Massachusetts, 690 pp.
- Tiwari, K.N. 2005. Diagnosing Potassium Deficiency and Maximizing Fruit Crop Productivity. *Better Crops/Vol. 89, No. 4*.
- Tucker, T.C. 1984. Diagnosis of Nitrogen Deficiency in Plants. In *Nitrogen in Crop Production*, R.D. Hauck (Ed.). doi:10.2134/1990.nitrogenincropproduction.c16.
- Uygur, V., and Yetisir, H. 2009. Effects of rootstocks on some growth parameters, phosphorous and nitrogen uptake watermelon under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 32(4), 629–643. doi:10.1080/01904160802715448
- Yamasaki, A., Yamashita, M., and Furuya, S., 1994. Mineral concentrations and cytokinin activity in the xylem exudate of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 62(4): 817-826.
- Yetisir, H. 2001. The effects of grafted seedlings on plant growth, yield and fruit quality in watermelon and histological examination of the graft site. Ph.D. Thesis, Cukurova University, Adana.
- Yetisir, H., Sari, N. and Yücel, S. 2003. Rootstock resistance to fsarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31, 163-169. doi:10.1007/BF02980786
- Yetisir, H., Caliskan M.E, Soyulu, S. and Sakar M. 2006. Some physiological and growth responses of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai] grafted onto *Lagenaria siceraria* to flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 1-3. doi:10.1016/j.envexpbot.2005.06.010

- Yetisir, H., Kurt, S., Sari, N. and Tok, M.F. 2007. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to *fusarium*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31: 381-388.
- Yetisir, H. and Uygur, V. 2010. Responses of grafted watermelon onto different gourd species to salinity stress. Journal of Plant Nutrition, 33, 315-327. doi:10.1080/01904160903470372
- Yetisir, H., Özdemir, A.E., Aras, V., Candir, E., Aslan, Ö. 2013. Rootstocks effect on plant nutrition concentration in different organ of grafted watermelon. Agricultural Sciences, Vol.4, No.5, 230-237. doi:10.4236/as.2013.45033
- Zengin, M. 2012. Basic Principles in the Interpretation of Soil and Plant Analysis Results. In Plant Nutrition (ed. Karaman, M. R.), p.837-959.
- Zhu, J., Bie, Z., Huang, Y., and Han, X. 2008. Effect of grafting on the growth and ion concentrations of cucumber seedlings under NaCl stress. Soil Science and Plant Nutrition, 54(6), 895–902. doi:10.1111/j.1747-0765.2008.00306.x

## Nohut (*Cicer arietinum L.*) Çeşitlerinin Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova Koşullarında Verim ve Verim Unsurları Bakımından Değerlendirilmesi

Yusuf DOĞAN\*,  Medya ERTAŞ,  Serap DOĞAN 

<sup>1</sup>Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mardin

\*Sorumlu Yazar: [yusufdogan@artuklu.edu.tr](mailto:yusufdogan@artuklu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 21.02.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.07.2023 Kabul Tarihi: 08.07.2023

### ÖZ

Bu çalışma 2019-2020 yetiştirme yılında Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova lokasyonlarında kuru şartlarda yapılmıştır. Çalışmada tescil edilmiş 12 nohut (Seçkin, Caner, Sezgin, İnci, Onur, Arda, Hasanbey, Azkan, Diyar-95, Aksu, Aslanbey ve Çağatay) çeşidi kullanılmıştır. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre incelenen özellikler bakımından çeşitler, lokasyonlar arasında ve çeşit x lokasyon interaksiyonlarında istatistiki açıdan %1 ve %5 düzeyinde önemli farklılıklar oluşmuştur. Araştırma sonunda farklı lokasyonlardan elde edilen ortalama sonuçlara göre; çıkış gün sayısı 19.2-25.3 (gün), çiçeklenme gün sayısı 115.8-125.0 (gün), bitki boyu 50.2-70.7 (cm), ilk bakla yüksekliği 20.6-36.8 (cm), dal sayısı 3.0-4.3 (adet/bitki), bakla sayısı 21.3-38.9 (adet/bitki), tane sayısı 22.8-45.2 (adet/bitki), 100 tane ağırlığı 34.6-47.5 (g), tane verimi 176.1-292.1 (kg/da), biyolojik verim 470.9-695.6 (kg/da), hasat indeksi % 36.5-41.5 ve protein oranı %17.9-23.3 arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tane verimi bakımından Hasanbey çeşidi, protein oranı bakımından Arda çeşidi ön plana çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Mardin-Kızıltepe, Şanlıurfa-Bozova, adaptasyon, nohut, verim.

## Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum L.*) Varieties for Yield and Yield Components under Mardin-Kızıltepe and Şanlıurfa-Bozova Conditions

### ABSTRACT

This study was conducted during the 2019-2020 growing season in the dry conditions of Mardin-Kızıltepe and Şanlıurfa-Bozova locations. Twelve registered chickpea varieties (Seçkin, Caner, Sezgin, İnci, Onur, Arda, Hasanbey, Azkan, Diyar-95, Aksu, Aslanbey, and Çağatay) were used in the study. The experiments were established in a randomized complete block design with three replications. According to the variance analysis results, significant differences at the 1% and 5% level were observed among varieties, locations, and variety x location interactions for the investigated traits. Based on the average results obtained from different locations, the following ranges were observed for the studied varieties; emergence days ranged from 19.2 to 25.3 days, flowering days ranged from 115.8 to 125.0 days, plant height ranged from 50.2 to 70.7 cm, first pod height ranged from 20.6 to 36.8 cm, number of branches ranged from 3.0 to 4.3 per plant, number of pods ranged from 21.3 to 38.9 per plant, number of seeds ranged from 22.8 to 45.2 per plant, 100-seed weight ranged from 34.6 to 47.5 g, grain yield ranged from 176.1 to 292.1 kg da<sup>-1</sup>, biological yield ranged from 470.9 to 695.6 kg da<sup>-1</sup>, harvest index ranged from 36.5% to 41.5%, and protein content ranged from 17.9% to 23.3%. Based on the obtained results, Hasanbey variety stood out in terms of grain yield, and Arda variety stood out in terms of protein content.

**Key words:** Mardin-Kızıltepe, Şanlıurfa-Bozova adaptation, chickpea, yield.

## GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, dünya’da tarımsal üretimi etkilemekte olup, artan sıcaklık ekonomik öneme sahip olan bitkilerin üretimi ve ürünün kalitesini kısıtlayan en önemli stres faktörlerinden biridir. Tarımsal üretimdeki azalmayla birlikte dünya nüfusunun giderek artıyor olması gelecekte insanların yetersiz beslenme sorunu ile karşı karşıya getirecektir. Ayrıca son yıllarda yaşadığımız ve hala da etkisi sürmekte olan Covid-19 pandemisi sonrası toplumlarda sağlıklı beslenmenin ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi beslenme programlarında daha önemli bir hal almıştır. Nohut bitkisi kendine döllenmiş diploid ( $2n=16$ ) tek yıllık bir bitki olup, gen merkezinin Güneydoğu Anadolu olduğu bilinmektedir (Diamond, 2005). Ülkemizde Hacılar köyünde nohuttun yabani türüne ilişkin ilk bilgiler olduğu bilinmektedir (Geçit ve ark., 2009). Nohutun yüksek protein ve mineral madde içeriğine sahip olması, beslenmemizde bağışıklık sistemimizin güçlendirilmesinde ve gıda ihtiyacın karşılanmasında önemli role sahip olması yanı sıra, bir baklagil bitkisi olması ile de toprağa azot kazandırması nedeniyle sürdürülebilir çevre ve tarım için önemi her geçen gün artmaktadır. Baklagillerin ekim nöbetine dahil edilmesi sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemlidir. Baklagiller kazık kök yapısı sayesinde toprağın derince havalandırma ve toprak verimliliğini artırılma, farklı toprak katmanlarında faydalanma ve toprak katmanlarını iyileştirme yeteneğine sahiptir. Havada bulunan serbest azotu toprağa bağlayarak toprağı azot yönünden zenginleştirirler. Yemeklik tane baklagiller içinde beslenme açısından önemli bir yere sahip olan nohut, eski yıllardan günümüze kadar insan ve hayvan beslenmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Nohut kuru tanesinde yüksek oranda (%17-30) bitkisel protein bulundurmaktadır (Wallace ve ark. 2016). Ayrıca nohuttun kuru tanesinde karbonhidrat içeriği, esansiyel aminoasitler, vitamin ve mineraller bakımından zengindir (Pekşen ve Artık, 2005).

Nohut Türkiye ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde önemli bir bitkisel üründür. Türkiye’de 5.114.930 da ekim alanı, 630 bin ton üretim, ortalama verim ise 123 kg/da’dır. Mardin ilinde nohut ekim alanı 48.244 dekar, üretim 6247 ton, ortalama verim ise 129 kg/da’dır. Şanlıurfa ilinde nohut ekim alanı 55.773 dekar, üretim 5950 ton, ortalama verim ise 107 kg/da’dır (Anonim, 2022). Mardin ve Şanlıurfa ilinin 2022 yılı nohut verim değerleri Türkiye ortalama veriminin üzerinde olmuştur. Bölgemizde nohut ekim alanlarında artış olmasına rağmen bazı yıllarda yağışın istenilen düzeyde olmamasından dolayı verim kayıpları olmaktadır. Küresel ısınmadan kaynaklı yaşanan iklimsel sorunlar verim miktarlarında önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur. Nohut, daha çok küçük ölçekli arazilerde yetiştiriciliği yapılmakta, doğal yağışlarla ve orta elverişli bölgelerde yetiştiricilik yapılan yerlerde elde edilen verim çok düşük olmakla beraber, bu durum esas olarak biyotik/abiyotik faktörler, sertifikalı tohumların kullanımının düşük olması, yetiştirme ile bakım tekniklerinden (geliştirilmiş çeşitler, yabancı ot mücadelesi, hastalık kontrolü ve mekanizasyon) kaynaklanmaktadır (Houasli ve ark. 2020).

Nohut üretiminde çevre koşullarında; çeşit, genotip, hat veya bitki popülasyonu içinde yüksek verimliliğin yanında bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerin önceden belirlenmesi oldukça önemli olup ıslah çalışmalarının temel esasını oluşturur. Bitkide tane verimi, verim unsurları bir arada değerlendirilmesi gereken ve çok genle kontrol edilen önemli bir özellik olup, çevre ve yetiştirme teknikleri de tane verimini etkileyen önemli faktörlerdendir. Nohuttun gen merkezlerinden birisi ve dünyada dördüncü sıradaki üreticisi olarak ülkemizde yüksek verimli ve hastalıklara toleranslı çeşitler geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu çalışmada ülkemizde ekimi ve üretimi yapılan çeşitlerin verim ve bazı verim performanslarını ortaya koyarak Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yoğun olarak üretilen nohut çeşitleri ve uygun çeşitlerin belirlenmesi amacıyla Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova ekolojik koşulları altında değerlendirilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova ilçelerinde 2019-2020 yetiştirme yılında çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen 6 çeşit (Hasanbey, Caner, Onur, İnci, Sezgin, Seçkin) ve GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen 6 çeşit (Aksu, Diyar-95, Aslanbey, Arda, Çağatay ve Azkan) olmak üzere toplamda 12 nohut çeşidi kullanılmıştır. Çalışmanın yapıldığı dönemi kapsayan aylara ait iklim verileri Çizelge 1’de verilmiştir (Anonim. 2020).

Çizelge 1 incelendiğinde Mardin-Kızıltepe ilçesinin 2019-2020 yetiştirme döneminde toplam yağış miktarı 216.7 mm ve uzun yıllar yağış toplamına (218.4 mm) yakın gerçekleştiği görülmektedir. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise uzun yıllar yağış toplamı 382.5 mm iken denemenin yürütüldüğü 2019-2020 yetiştirme döneminde ise 437.4 mm düzeyinde yağış düşmüştür. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda çalışmanın yapıldığı yıl yağış miktarı Mardin-Kızıltepe lokasyonuna göre 2 kat daha fazla yağış gerçekleşmiştir. Her iki lokasyonda ortalama sıcaklık değerleri ve UYO sıcaklık değerleri birbirine yakın olduğu görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü Şanlıurfa-Bozova lokasyonda büyüme ve gelişmenin en hızlı olduğu Mart-Mayıs döneminde düşen yağış miktarı Mardin-Kızıltepe lokasyonuna göre yüksek olmuştur.



Çizelge 1. Araştırmanın yapıldığı Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova İlçelerine 'ne ait bazı iklim verileri ve uzun yıllar ortalaması (1960-2020).

Aylar	Mardin-Kızıltepe				Şanlıurfa-Bozova			
	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)		Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)	
	2019-20	UYO	2019-20	UYO	2019-20	UYO	2019-20	UYO
Aralık	9.9	8.7	54.5	33.0	7.8	7.5	176.4	81.7
Ocak	6.5	7.1	33.4	37.5	5.6	5.6	83.2	87.6
Şubat	7.4	9.0	35.8	30.2	5.5	7.0	19.4	69.5
Mart	13.5	12.3	63.0	52.9	11.7	10.8	97.0	62.8
Nisan	15.6	16.6	19.8	31.9	13.9	16.2	328	49.8
Mayıs	21.6	22.5	10.1	30.2	20.9	22.2	28.2	26.7
Haziran	27.9	28.4	0.1	2.7	26.5	28.1	0.4	4.4
Toplam			216.7	218.4			437.4	382.5
Ortalama	14.6	14.9			13.1	13.9		

Kaynak: Mardin meteoroloji il müdürlüğü, UYO: Uzun yıllar ortalaması

Her iki lokasyonda ekim öncesi 0-30 cm'den alınan toprak örneklerinin analizleri yapılmış, Mardin-Kızıltepe lokasyonundaki toprak; alüvyal ana materyalli, eğim düz ve düze yakın (%0.0-1.5), kırmızı renkli ve killi tekstüre sahip olup toprak bünyesi killi-tınlı yapıda, toprak rengi kahverengi, pH değeri 8 civarında, alkalın reaksiyon göstermektedir. Organik madde bakımından düşük, kireç oranı yüksek, hafif tuzlu, potasyum bakımından yeterli ve fosfor bakımından düşük olduğu saptanmıştır. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda toprak bünyesi killi-tınlı olup, toprak rengi kahverengi, pH değeri 8.12, alkalın yapıya sahiptir. Toprağın organik madde bakımından düşük (% 1.18), kireç bakımından yüksek (%15.9), hafif tuzlu, fosfor içeriği düşük ve potasyum içeriği bakımından yüksek olduğu görülmektedir. Her iki lokasyonda ön bitki hasadından sonra pulluk ile ilk toprak sürümü yapılmış, daha sonra toprak hazırlığı yapılarak ekime hazır hale getirilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Parseller 5 sıra ve sıra arası mesafe 30 cm, 4 m x 1.5 m = 6 m<sup>2</sup> ebatlarında oluşturulmuştur. Ekim normu olarak metrekaareye 55 tohum olacak şekilde ekim elle yapılmıştır. Deneme, Mardin-Kızıltepe lokasyonunda 18.12.2019, Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise 20.12.2019 tarihlerinde kurulmuştur. Ekim öncesi alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre 17 kg/da Diamonyum Fosfat (DAP) ekim ile beraber toprağa uygulanmıştır. Çalışmada yabancı ot mücadelesi elle yapılmıştır. Çiçeklenme ve olgunlaşma gözlemleri parseldeki tüm bitkiler üzerinden, bitkisel özellikler ise parseli temsil eden 10 bitkiden alınmıştır. Hasat işlemi her parsel başları ve sonunda 50 cm parselin ilk ve son sıraları kenar kesir bırakıldıktan sonra kalan kısımlarda yapılmıştır. Hasat Mardin-Kızıltepe lokasyonunda 16.06.2020 tarihinde, Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise 20.06.2020 tarihinde elle yapılmıştır.

Denemede %50 çıkış süresi, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, ana dal sayısı ve tane sayısı, tane verimi ve 100 tane ağırlığı değerlendirilmiştir. Protein oranı, ICC standart metoduna göre Celdhl NIR (near infrared relectance) spektroskopisi tekniği kullanılarak belirlenmiştir (Özkan, 2016). Araştırmadan elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 7.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) paket programı kullanılarak yapılmış, önemli bulunan faktör ortalamaları LSD testi ile gruplandırılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Çıkış gün sayısı

Çıkış gün süresi açısından lokasyon, çeşit ve 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Araştırmada incelenen çıkış gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, bitki boyu ve ilk bakla yüksekliği ait varyans analiz tablosu.

V.K	S.D	Çıkış gün sayısı		Çiçeklenme gün sayısı		Bitki boyu		İlk bakla yüksekliği	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Lokasyon	1	573.50	297.61**	1058.5	136.75**	1198.27	72.79**	854.67	272.81**
Hata 1	4	1.93	1.02	7.7	1.08	16.47	1.80	3.12	0.35
Çeşit	11	29.15	15.39**	61.5	8.60**	225.37	24.59**	188.57	20.91**
Lok*çeş	11	15.96	8.43**	39.2	5.47**	21.64	2.36*	30.96	3.43**
Hata 2	43	1.89		7.2		9.17		9.02	
Toplam	70								

\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, Ö.D: Önemli değil.

Mardin-Kızıltepe lokasyonunda en düşük çıkış 18.3 gün ile Aksu çeşidinde, en geç çıkış 26.0 gün ile Çağatay çeşidinde olmuştur. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en erken çıkış 19.0 gün ile Çağatay çeşidinde, en geç çıkış ise 24.6 gün ile Hasanbey çeşidinde olmuştur. Lokasyon ortalamaları bakımından bitki çıkışları en erken 19.7 gün ile Sezgin çeşidinde en geç çıkış ise 25.3 gün olarak Diyar-95 çeşidinde olurken bunu Hasanbey ve Arda çeşitleri takip etmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Nohut çeşitlerin çıkış gün sayısı ve çiçeklenme gün süresi ait ortalamalar.

Çeşitler	Çıkış gün süresi (gün)			Çiçeklenme gün sayısı (gün)		
	Kızıltepe	Bozova	Ortalama	Kızıltepe	Bozova	Ortalama
Seçkin	20.0 de*	19.0 f	20.2 DE	114.7 bc	126.0 ad	120.3 CE
Caner	21.7 c	20.0 cf	21.5 BC	111.7 c	120.0 ef	115.8 G
Sezgin	25.3 ab	19.6 df	19.7 CE	111.3 c	123.0 de	117.2 FG
İnci	19.3 ef	20.3 cf	22.7 B	121.7 a	119.0 f	120.3 CE
Onur	25.0 ab	21.6 bc	22.3 B	119.3 ab	127.3 ac	123.3 AC
Arda	19.3 ef	23.0 ab	24.2 A	112.3 c	127.6 ac	120.0 DF
Hasanbey	22.0 c	24.6 a	25.2 A	118.0 ab	125.3 bd	121.7 BD
Azkan	19.7 ef	21.0 ce	21.5 BC	111.3 c	124.3 cd	118.0 EG
Diyar-95	21.3 cd	24.3 a	25.3 A	115.3 bc	116.6 f	116.0 G
Aksu	18.3 f	21.3 bd	22.7 B	119.7 ab	129.3 a	124.5 AB
Aslanbey	24.0 b	19.3 ef	19.2 E	122.0 a	128 ab	125.0 A
Çağatay	26.0 a	19.0 f	20.8 CD	115.3 bc	118.6 f	117.0 FG

\*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Bitki çıkış gün süresi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda; Biçer ve Anlarsal (2004) Diyarbakır şartlarında 24.4-34.2 gün arasında, Oğuz (2018) Siirt koşullarında 13.8-17.8 gün, Beykara (2019) Bingöl şartlarında 12-14.3 gün arasında değişim gösterdiğini bildirmiş olup bulgularımızla uyum göstermektedir. Ayrıca bazı araştırmalar nohutta çıkış süresi üzerine sıcaklık ve nemin etkili olduğunu ve sıcaklık ile toprak neminin düşmesi durumunda bitki çıkışlarında gecikmenin olabileceğini bildirmiştir (Aboyami ve Adeyini 2005). Bitki çıkış süresi bölgelerin ekolojik koşulları düşünüldüğünde farklılıkların olabileceğini düşündürmektedir.

### Çiçeklenme Gün Sayısı

Çiçeklenme gün sayısı bakımından lokasyon, çeşit ve 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 2). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda en düşük çiçeklenme gün sayısı 111.3 gün ile Sezgin ve Azkan çeşitlerinde, en geç çiçeklenme 122.0 gün ile Aslanbey çeşidinde olmuştur. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en erken çiçeklenme 116.6 gün ile Diyar-95 çeşidinde, en geç çiçeklenme ise 129.3 gün ile Aksu çeşidinde olmuştur. Lokasyon ortalamaları bakımından çiçeklenme gün sayıları bakımından en erken 116.0 gün ile Diyar-95 çeşidinde, en geç ise 125.0 gün ile Aslanbey çeşidinde olmuştur (Çizelge 3). Çiçeklenme gün sayısını Karasu (1993) 56.3-61.1 gün, Uzun ve ark., (2012) 57.5-65.5 gün, Çakmak (2019) 121-142 gün arasında elde ettiğini bildirmiştir. Çiçeklenme gün sayısının verime etkisinin olumlu olduğu bildirilirken (Gürbüz ve ark., 2004), çiçeklenme gün sayısındaki farklılıklar çevre ve iklim faktörlerine, ekim zamanına ve genotiplere göre değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır.

### Bitki Boyu

Bitki boyu bakımından lokasyon ve çeşit %1 düzeyinde 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %5 düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 2). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda en düşük bitki boyu 47.8 cm ile Sezgin çeşidinde, en yüksek bitki boyu 67.9 cm ile Aksu çeşidinde ölçülmüştür. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük bitki boyu 52.6 cm ile Sezgin çeşidinde, en yüksek bitki boyu ise 76.1 cm ile Aslanbey çeşidinde ölçülürken bunu sırasıyla Arda, Hasanbey, Azkan ve İnci çeşitleri takip etmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlar. Lokasyon ortalamaları bakımından çiçeklenme, bitki boyu açısından en düşük 50.2 cm ile Seçkin çeşidinde, en yüksek ise 70.7 cm ile Arda ve 70.4 cm ile Aslanbey çeşitlerinde elde edilmiştir (Çizelge 4).

Nohutta bitki boyunu Babagil (2011) 42.6-46.2 cm, Doğan (2014) 51.6-70.4 cm, Oğuz (2018) 40.6-58.4 cm, Tetik (2019) 42.2-52.6 cm, Doğan ve ark., (2019) 49.7-68.7 cm değerleri arasında değişim gösterdiği, bitki boyunun çeşit ve bölge şartlarına göre farklılıkların olduğunu araştırmacılar bildirmiştir. Bitki boyu özelliği çeşit/genotiplere göre farklı olması beklenen bir sonuçtur. Chauhan ve Singh (1998) ise bitki boyunun çevre faktörlerinden önemli derecede etkilenen bir özellik olduğunu bildirmiştir.

**Çizelge 4.** Nohut çeşitlerin bitki boyu ve ilk bakla yüksekliğine ait ortalamalar.

Çeşitler	Bitki boyu (cm)			İlk bakla yüksekliği (cm)		
	Kızıltepe	Bozova	Ortalama	Kızıltepe	Bozova	Ortalama
Seçkin	54.6 de*	63.4 d	59.0 D	22.1 bd	25.3 e	23.7 EF
Caner	60.6 bc	65.6 cd	63.1 C	21.5 cd	25.6 e	23.5 EF
Sezgin	47.8 f	52.6 e	50.2 E	20.6 cd	20.7 e	20.6 F
İnci	65.2 ab	68.4 a	66.8 B	20.7 cd	23.7 e	22.2 F
Onur	60.4 bc	65.8 cd	63.1 C	18.5 d	23.7 e	21.1 F
Arda	65.3 ab	76.0 a	70.7 A	29.3 a	41.2 ab	35.3 AB
Hasanbey	60.6 bc	74.3 a	67.5AB	22.7 bd	31.0 d	26.9 DE
Azkan	65.1 ab	74.1 a	69.9AB	28.6 a	36.1 bd	31.7 BC
Diyar-95	57.5 cd	65.8 cd	61.7 CD	20.7 cd	24.8 e	22.8 F
Aksu	67.9 a	71.6 ab	69.9 AB	26.4 ab	35.6 cd	31.0 C
Aslanbey	64.6 ab	76.1 a	70.4 A	29.2 a	44.3 a	36.8 A
Çağatay	52.0 ef	66.0 cd	59.0 D	23.6 bc	36.3 bc	29.9 CD
Ortalama	60.1B	68.3 A	64.2	23.6 B	30.7 A	27.1
LSD	5.38	4.76	3.49	4.90	5.2	4.34

\*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

### İlk Bakla Yüksekliği

İlk bakla yüksekliği bakımından lokasyon, çeşit ve 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %5 düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 2).

Mardin-Kızıltepe lokasyonunda en yüksek ilk bakla yüksekliği 29.3 cm ile Arda çeşidi ile 29.2 cm ile Aslanbey çeşitlerinde elde edilirken, en düşük 18.5 cm ile Onur çeşidinde elde edilmiştir. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük ilk bakla yüksekliği 20.7 cm ile Sezgin çeşidinde ölçülürken bunu sırasıyla Seçkin, Caner, Sezgin, İnci, Onur ve Diyar-95 çeşitleri takip etmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlar. En yüksek bakla 44.3 cm ile Aslanbey çeşidinde ölçülmüştür. Lokasyon ortalamaları bakımından en düşük 20.6 cm ile Seçkin çeşidinde, en yüksek bakla ise 36.8 cm ile Aslanbey çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 5). İlk bakla yüksekliğinin araştırıldığı çalışmalarda; Babagil (2010), 19.8-26.5 cm, Doğan (2014) 21.4-34.0 cm, Ceran (2015) 15.33-27.67 cm, Tekatlı ve ark., (2017) 33.0 ile 44.2 cm arasında olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen ilk bakla yükseklik değerlerine göre çalışılan çeşitlerin makineli hasada uygun olduğu söylenebilir.

### Bitkide Dal Sayısı

Bitkide dal sayısı bakımından çeşit %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli olmuştur (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Araştırmada incelenen bitkide dal sayısı, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı 100 tane ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

V.K	S.D	Bitkide dal sayısı		Bitkide bakla sayısı		Bitkide tane sayısı		100 tane ağırlığı	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Lokasyon	1	1.982	5.65 <sup>Ö.D</sup>	77.89	17.41*	66.56	8.89	20.82	6.80 <sup>Ö.D</sup>
Hata 1	4	0.351	1.66	4.47	0.58	7.48	0.72	3.06	0.66
Çeşit	11	0.998	4.73**	217.37	28.03**	229.50	22.05**	114.73	24.83**
Lok*çeş	11	0.109	0.52 <sup>Ö.D</sup>	29.13	3.76**	33.23	3.19**	1.42	0.31
Hata 2	43	0.211		7.75		10.41		4.62	
Toplam	70								

\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, Ö.D: Önemli değil.

Mardin-Kızıltepe lokasyonunda dal sayısı en düşük 2.9 adet ile Çağatay ve Sezgin çeşitlerinde, en fazla dal sayısı 4.0 adet ile Caner çeşidinde elde edilmiştir. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük dal sayısı 3.1 cm ile Sezgin çeşidinde, en yüksek dal sayısı 4.6 adet ile Caner ve Arda çeşitlerinde saptanmıştır. Lokasyon ortalamaları bakımından en az dal sayısı 3.0 adet ile Seçkin çeşidinde, en fazla dal sayısı ise 4.3 adet ile Caner

çeşidinde tespit edilmiş olup bunu Arda çeşidi takip etmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Nohut çeşitlerinin bitki dal sayısı ve bitkide bakla sayısına ilişkin ortalamalar.

Çeşitler	Bitkide dal sayısı (adet)			Bitkide bakla sayısı (adet)		
	Kızıltepe	Bozova	Ortalama	Kızıltepe	Bozova	Ortalama
Seçkin	3.5 ae*	4.0 ab	3.8 AB	20.3 e	24.4 e	21.9 C
Caner	4.0 a	4.6 a	4.3 A	22.8 e	19.9 e	21.3 C
Sezgin	2.9 e	3.1 c	3.0 D	31.1 bc	33.1 bd	32.1 B
İnci	3.7 ac	3.8 ac	3.8 AB	26.9 d	33.4 bd	30.1 B
Onur	3.0 de	3.3 bc	3.2 CD	34.8 ab	42.7 a	38.9 A
Arda	3.9 ab	4.6 a	4.2 A	35.6 a	38.2 ab	36.9 A
Hasanbey	3.6 ad	3.5 bc	3.6 BC	36.0 a	38.4 ab	37.2 A
Azkan	3.23 be	3.6 bc	3.5 BD	35.1 a	29.5 d	32.4 B
Diyar-95	3.13 ce	3.7 bc	3.4 BD	27.8 cd	31.6 cd	29.7 B
Aksu	3.4 ae	3.4 bc	3.4 BD	28.2 cd	36.9 bc	32.5 B
Aslanbey	3.4 ae	3.3 bc	3.4 BD	22.2 e	22.1 e	22.2 C
Çağatay	2.9 e	3.4 bc	3.2 CD	34.9 a	30.8 d	32.9 B
Ortalama	3.4 B	3.7 A	3.6	29.6 B	31.7 A	30.4
LSD	0.7	0.8	1.64	3.78	5.39	8.80

\*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Yapılan çalışmalarda dal sayısını; Babagil (2011) 2.8-3.3 adet, Doğan (2014) 3.1-4.1 adet, Tetik (2019) 4.6-6.8 adet, Demirci ve Bildirici (2020) 2.0-3.3 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Toğay ve ark., (2005) ana dal sayısının çeşit özelliği olmasının yanı sıra sık veya geniş ekimden ve ekolojik faktörlere göre değişkenlik gösterdiğini bildirmiş olup bu sebepler bulgularımız ile yapılan çalışmalar arasındaki bir takım farklılıkları desteklemektedir. Nohut çeşitlerinin genetik yapılarında farklılıklara bağlı olmasından dolayı farklı sayıda dal oluşturmalarına neden olduğu, çevrenin etkisinin de önemli olduğu bildirilmiştir (Yücel, 2004; Doğan, 2014; Doğan ve Doğan, 2023).

#### Bitkide Bakla Sayısı

Bitkide bakla sayısı bakımından, lokasyon %5 düzeyinde, 'çeşit ve lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli olmuştur (Çizelge 5). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda bakla sayısı en düşük 20.3 adet ile Seçkin çeşidinde, en fazla bakla sayısı 36.0 adet Hasanbey çeşidinde bulunmuş bunu sırasıyla Hasanbey, Arda, Azkan ve Çağatay çeşitleri takip etmiştir. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en az bakla sayısı 19.9 adet ile Caner çeşidinde, en fazla bakla sayısı 42.7 adet ile Onur çeşidinde saptanmıştır. Lokasyon ortalamaları bakımından en az bakla sayısı 21.3 adet ile Caner çeşidinde tespit edilmiş bunu Aslanbey ve Seçkin çeşitleri takip etmiştir. En fazla bakla sayısı ise 38.9 adet ile Onur çeşidinde bunu Arda ve Hasanbey çeşitleri takip etmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. (Çizelge 6). Konu ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda bakla sayısını; Biçer ve Anlarsal (2004) 15.3-34.7 adet, Bayrak (2010) 20.12-30.42 adet, Doğan (2014) 21.6-35.2, Erdin ve Kulaz (2014) 23.83-37.76 adet, Doğan ve ark., (2015) 22.0-29.0 adet, Belete ve ark., (2017) 11.9- 55.8 adet, Biçer ve ark., (2017) 40.6-44.4 adet, Yalçın ve ark., (2018) 21.1 ile 22.2 adet arasında belirlemişlerdir. Bitkide bakla sayısı özellikleri arasındaki bu farklılıklar araştırmanın yapıldığı yerin, çeşit ve hatların ve iklim koşullarının farklı olması ile açıklanabilir (Doğan, 2014).

#### Bitkide Tane Sayısı

Bitkide tane sayısı bakımından, çeşit ve 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Çizelge 5). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda tane sayısı en düşük 22.0 adet ile Aslanbey çeşidinde, en yüksek 38.2 adet ile Onur çeşidinde elde edilirken bunu sırasıyla; Hasanbey, Çağatay, Arda ve Azkan çeşitleri takip etmiş ve aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük tane sayısı 22.0 adet ile Caner çeşidinde, en fazla 46.2 adet ile Onur çeşidinde saptanmıştır. Lokasyon ortalamaları bakımından en az tane sayısı 22,8 adet ile Aslanbey çeşidinde bulunurken bunu Seçkin ve Caner çeşitleri takip etmiştir. En fazla tane sayısı ise 42.2 adet ile Onur çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 7).

**Çizelge 7.** Nohut çeşitlerinin bitkide tane sayısı ve 100 tane ağırlığına ilişkin ortalamalar.

Çeşitler	Bitkide tane Sayısı (adet)			100 tane ağırlığı (g)		
	Kızıltepe	Bozova	Ortalama	Kızıltepe	Bozova	Ortalama
Seçkin	22.3 d*	25.1 d	23.7 D	39.5 de	40.1 c	39.8 DE
Caner	25.3 cd	22.0 d	23.7 D	43.1 bc	44.3 ab	43.7 BC
Sezgin	31.5 b	33.6 bc	32.5 C	37.5 ef	38.4 cd	37.9 EF
İnci	30.1 b	34.7 bc	32.4 C	36.1 fg	35.4 d	35.7 FG
Onur	38.2 a	46.2 a	42.2 A	46.8 a	47.9 a	47.3 A
Arda	36.5 a	39.3 b	37.9 B	38.5 ef	39.8 c	39.2 DE
Hasanbey	38.0 a	38.5 b	38.3 B	36.9 efg	38.4 cd	37.6 EF
Azkan	37.9 a	31.7 c	34.9 BC	41.7 cd	42.0 bc	41.3 CD
Diyar-95	29.0 bc	36.3 bc	32.6 C	33.9 g	35.3 d	34.6 G
Aksu	31.1 b	39.0 b	35.1 BC	39.1 def	42.0 bc	40.6 D
Aslanbey	22.0 d	23.6 d	22.8 D	45.4 ab	46.7 a	46.0 AB
Çağatay	37.4 a	31.8 c	34.6 BC	46.6 a	48.4 a	47.5 A
Ortalama	31.60	33.5	32.5	40.4	41.5	41.0
LSD	4.43	6.22	5.74	3.06	4.16	2.50

\*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Yapılan benzer çalışmalarda bitkide tane sayısını; Sarımurat (2017) 10.4 ile 21.4 adet, Aydoğan (2019) 12.0 ile 45.3 adet, Tetik (2019) 8.2 ile 20.6 adet arasında olduğunu bildirirken, tane sayısı açısından çeşitler arasında farkın önemli olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir.

#### 100 Tane Ağırlığı

100 tane ağırlığı bakımından, çeşit %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Çizelge 5). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda 100 tane ağırlığı en düşük 33.9 g ile Diyar-95 çeşidinde, en yüksek 100 tane ağırlığı 48.6 g ile Onur çeşidinden elde edilirken, bunu Çağatay çeşidi takip etmiş ve aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük 100 tane ağırlığı 35.3 g ile Diyar-95 çeşidinde elde edilmiş olup bunu İnci çeşidi takip ederken, en yüksek ise 48.4 g ile Çağatay çeşidi ve bunu sırasıyla Onur ve Aslanbey çeşitleri izlemiştir. Lokasyon ortalamaları bakımından en düşük 34.6 g ile Diyar-95 çeşidinde, en yüksek 100 tane ağırlığı ise 47.5 adet ile Çağatay çeşidinde belirlenirken onu Onur çeşidi takip etmiş ve aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 7). Yapılan çalışmalarda 100 tane ağırlığını; Dinç (2014) 32.0 ile 39.6 g, Ton ve Anlarsal (2016) 32.2 ile 41,4 g, Gündoğdu Gürbüz (2018) 31.5 ile 37.1 g, Doğan ve Doğan (2023) 38.7-45.4 g arasında olduğunu bildirmişlerdir.

#### Tane Verimi

Birim alan tane verimi bakımından, lokasyon, 'çeşit ve lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** Araştırmada incelenen tane verimi, biyolojik verimi, hasat indeksi ve protein oranı ait varyans analiz tablosu.

V.K	S.D	Tane verimi		Biyolojik verimi		Hasat indeksi		Protein oranı	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Lokasyon	1	35469	136.44**	49229.4	47.28**	313.80	105.17**	0.76	0.66
Hata 1	4	260.111	1.68	1041.6	1.26	2.98	1.34	1.15	2.37
Çeşit	11	7619.73	49.33**	27699.3	33.43**	16.29	7.33**	16.98	34.98**
Lok*çeş	11	1481.63	9.59**	4438.95	5.36**	8.64	3.89**	0.99	2.05*
Hata 2	43	154.46		828.6		2.22		0.49	
Toplam	70								

\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, Ö.D: Önemli değil.

Mardin-Kızıltepe lokasyonunda tane verimi en düşük 152.1 kg/da ile Aslanbey çeşidinde, en yüksek tane verimi ise 132.8 ile Hasanbey çeşidinden elde edilirken bunu sırasıyla Arda ve Azkan çeşitleri takip etmiş ve aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük tane verimi 186.2 kg/da ile Caner çeşidinde elde edilmiş, en yüksek tane verimi 351.4 kg/da ile Hasanbey çeşidinden elde edilmiştir. Lokasyon ortalamaları bakımından en düşük tane verimi 176.1 kg/da ile Caner çeşidinde elde edilirken bunu sırasıyla Aslanbey, Seçkin ve İnci çeşitleri takip etmiş, en yüksek tane verimi ise 292.1 kg/da ile Hasanbey çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 9).

**Çizelge 9.** Nohut çeşitlerinin tane verimi ve biyolojik verime ilişkin ortalamalar.

Çeşitler	Tane verimi (kg/da)			Biyolojik verim (kg/da)		
	Kızıltepe	Bozova	Ortalama	Kızıltepe	Bozova	Ortalama
Seçkin	152.8 fg*	207.7 de	180.2 F	445.8 d	534.7 df	490.0 GH
Caner	165.9 eg	186.2 f	176.1 F	454.9 d	487.1 g	470.9 H
Sezgin	191.4 cd	224.8 d	208.1 E	503.4 cd	568.2 cd	535.5 EF
İnci	175.3 df	196.8 ef	186.1 F	486.1 cd	490.0 g	488.9 GH
Onur	221.0 ab	252.6 c	236.8 CD	567.5 ab	587.6 c	577.6 CD
Arda	230.5 a	277.8 b	254.2 B	602.0 a	658.4 b	630.2 B
Hasanbey	232.8 a	351.4 a	292.1 A	624.0 a	767.4 a	695.6 A
Azkan	224.9 a	224.8 d	225.1 D	572.0 ab	550.2 df	557.9 DE
Diyar-95	179.0 ce	224.1 d	201.5 E	500.8 cd	515.7 fg	508.3 FG
Aksu	201.0 bc	286.6 b	243.7 BC	527.8 bc	688.0 b	607.9 BC
Aslanbey	152.1 g	208.4 de	180.2 F	465.8 d	519.3 eg	492.5 GH
Çağatay	192.7 cd	215.4 d	204.1 E	528.2 bc	551.7 de	539.9 EF
Ortalama	193.2 B	238.1A	215.6	523.1 B	576.5 A	554.3
LSD	23.0	18.35	14.47	57.9	36.31	33.51

\*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Tane verimi ile ilgili yapılan çalışmalarda; Dumlupınar (2018) 56.4-254.2 kg/da, Yalçın ve ark., (2018) 102.8-195.4 kg/da, Doğan ve Çiftçi (2019) 126.12-145.78 kg/da, Tetik (2019) 45.6-103.1 kg/da, Demirci ve Bildirici (2020) 140.66-398.70 kg/da, Mart ve ark., (2023) 117.78-202.32 kg/da, Doğan ve Doğan (2023) 118.2-226.1 kg/da arasında değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Tane verimi çeşit/genotiplere göre varyasyon gösterebilmektedir. Tane verimi çeşit özelliği yanında, ekolojik bölge ve yetiştirme teknikleri bakımından farklılık olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### Biyolojik verim

Biyolojik verim bakımından, lokasyon, çeşit ve 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Çizelge 8). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda biyolojik verimi en düşük 445.8 kg/da ile Seçkin çeşidinde elde edilirken bunu sırasıyla Caner ve Aslanbey çeşitleri takip ederek aynı grupta yer almışlardır. En yüksek biyolojik verimi 624.0 kg/da ile Hasanbey çeşidinde elde edilirken bunu Arda çeşidi takip etmiş ve aynı istatistiksel grupta yer almışlar. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük biyolojik verim 487.1 kg/da ile Caner çeşidinde elde edilirken bunu İnci çeşidi takip etmiş ve aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. En yüksek biyolojik verim 767.4 kg/da ile Hasanbey çeşidinden elde edilmiştir. Lokasyon ortalamaları bakımından en düşük biyolojik verim 470.9 kg/da ile Caner çeşidinden elde edilirken en yüksek biyolojik verim ise 695.6 kg/da ile Hasanbey çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 9). Yapılan çalışmalarda biyolojik verimi; Bakoğlu (2009) 158.9-223.0 kg/da, Yaşar (2010) 312.4-446.0 kg/da, Kulaz ve ark. (2017) 280.8-600.4 kg/da, Tetik (2019) 236.1-587.0 kg/da arasında tespit etmişlerdir.

#### Hasat İndeksi

Hasat indeksi bakımından, lokasyon, çeşit ve 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Çizelge 8). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda hasat indeksi bakımından en düşük %32.7 kg/da ile Aslanbey çeşidinde elde edilirken, en yüksek hasat indeksi %39.3 ile Azkan çeşidinde elde edilmiştir. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise en düşük hasat indeksi %38.3 ile Caner çeşidinde elde edilirken, en yüksek hasat indeksi %45.6 ile Hasanbey çeşidinde elde edilmiştir. Lokasyon ortalamaları bakımından en düşük %36.5 ile Seçkin ve Aslanbey çeşidinde elde edilirken, en yüksek % 41.5 ile Hasanbey çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 10).

**Çizelge 10.** Nohut çeşitlerin tane verimi ve biyolojik verime ilişkin ortalamalar.

Çeşitler	Hasat indeksi (%)			Protein oranı (%)		
	Kızıltepe	Bozova	Ortalama	Kızıltepe	Bozova	Ortalama
Seçkin	34.1 ef*	38.8 ef	36.5 F	18.5 ef	19.2 df	18.8 E
Caner	36.3 ce	38.3 f	37.3 EF	20.7 bc	20.9 bc	20.8CD
Sezgin	38.1 ad	39.3 df	38.7 CE	19.4 de	18.1 f	18.8 E
İnci	36.1 ce	40.0 df	38.0 DF	18.2 f	18.7 ef	18.5EF
Onur	39.0 ab	42.6 bc	40.8 AB	21.6 b	21.1 b	21.4 C
Arda	38.3 ac	41.3 be	39.8 AC	23.4 a	22.9 a	23.3 A
Hasanbey	37.3 ad	45.6 a	41.5 A	17.7 f	18.0 f	17.9 F
Azkan	39.3 a	40.6 cf	40.2 AC	20.5 cd	20.6 bc	20.6CD
Diyar-95	35.6 de	43.3 ab	39.5 BD	21.8 b	22.7 a	22.3 B
Aksu	38.0 ad	41.6 bd	39.8 AC	18.7 ef	18.1 f	18.4EF
Aslanbey	32.7 f	40.3 cf	36.5 F	21.3 bc	20.2 bd	20.8CD
Çağatay	36.5 be	39.0 ef	37.7 DF	21.1 bc	19.6 ce	20.4D
Ortalama	36.7 B	40.9 A	38.8	20.3	20.0	20.1
LSD	2.48	2.54	6.65	1.07	1.25	9.78

\*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Yapılan çalışmalarda hasat indeksini Toğay ve ark. (2005) %35.5-42.7, Bayrak (2010) %31.21-41.8, Hakverir ve Tetik (2019) %12.6-33.3, Ölmez ve ark. (2020) %37.0-44.1 arasında elde ettiklerini bildirmişlerdir.

#### Protein Oranı

Protein oranı bakımından, çeşit %1 düzeyinde önemli olurken, 'lokasyon x çeşit interaksyonu' %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Çizelge 8). Mardin-Kızıltepe lokasyonunda en düşük %17.1 ile Hasanbey çeşidinde elde edilirken, bunu İnci çeşidi takip etmiş, en yüksek %23.4 ile Arda çeşidinde elde edilmiştir. Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda en düşük Sezgin ve Aksu çeşitlerinde %18,1, en yüksek %22.9 Arda çeşidinden elde edilirken, Diyar-95 çeşidi ile aynı grupta yer almıştır. Lokasyon ortalamaları bakımından en düşük %17.9 ile Hasanbey çeşidinde elde edilirken, en yüksek %23.3 ile Arda çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 10). Yapılan çalışmalarda nohut tanesinin; Erdin ve Kulaz (2014) %18.8-21.0, Şanlı (2007) %21.9-24.6, Hakverir ve Erman (2019) %22.5-23.8 arasında protein oranlarının değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Baklagillerin protein oranı ve kalitesine çeşit özelliğinin yanında, toprak tipi, iklim özelliği, yetiştirme yeri ve agronomik uygulamaların etkisinin olduğunu bildirmişlerdir (Kaya ve ark. 2016).

#### SONUÇ ve ÖNERİLER

Mardin-Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova ekolojik koşullarında yetiştiriciliği yapılan tescilli çeşitlerin verim ve verim unsurları açısından bölge şartlarına uygun nohut çeşitlerinin incelenen özellikler yönünden önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Tane verimi bakımından Mardin-Kızıltepe lokasyonunda en yüksek Hasanbey, Arda ve Azkan çeşitleri ön plana çıkarken, Şanlıurfa-Bozova lokasyonunda ise Hasanbey çeşidi ön plana çıkmıştır. Protein verimi bakımından her iki lokasyonda Arda çeşidi ön plana çıkmıştır. Her iki lokasyonda tane verimi bakımından Hasanbey çeşidi ön plana çıkarken, verim ve kaliteyi bir arada düşündüğümüzde Arda çeşidinin ön plana çıktığını söyleyebiliriz. Adaptasyon çalışmalarında güvenilir sonuçların elde edilmesi ve daha güvenilir tavsiyelerde bulunulabilmesi için çalışmanın yöre koşullarında birkaç yıl daha tekrarlanmasının daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

**Teşekkür:** Bu çalışmada Şanlıurfa-Bozova lokasyonu verileri Medya ERTAŞ'in yüksek lisans tezinin bir kısmı kullanılmıştır.

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

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

#### KAYNAKLAR

Aboyami, Y.A. ve Adeyini, A.M. 2005. Comparative germination responses of cowpea and maize genotypes of soil moisture content. *Agrosearch*, 7 (1-2), 34-42.

- Anonim, 2020. Mardin Meteoroloji Müdürlüğü Verileri. Mardin.
- Anonim, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 23.01.2023).
- Arshad, M., Bakhsh, A. ve Ghafoor, A. 2004. Path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 36 (1): 75-81.
- Aydoğan, Y. 2019. Eskişehir ekolojik koşullarında bazı nohut çeşitlerinin tarımsal özelliklerinin ve özellikler arası ilişkilerin belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırşehir.
- Babagil, G.E. 2010. Muş ekolojik koşullarında bazı nohut çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3),181-186.
- Babagil, E.G. 2011. Erzurum ekolojik koşullarında bazı nohut çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2),122-127.
- Bakoğlu, A. 2009. Elazığ ekolojik koşullarında bazı nohut çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 1-6.
- Bayrak, H. 2010. Konya ekolojisinde tarımı yapılan yerel nohut popülasyonları ve çeşitlerin tarımsal, teknolojik ve besinsel karakterlerinin belirlenmesi. *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Beykara, İ. 2019. Bingöl ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) genotiplerinde verim ve verim özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bingöl.
- Biçer, B.T. ve Anlarsal, A.E. 2004. Bazı nohut(*Cicer Arietinum* L.) çeşitlerinde bitkisel ve tarımsal özelliklerin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*,10(4), 289-396.
- Biçer, B.T., Albayrak, Ö. ve Akıncı, C. 2017. Farklı ekim zamanlarının nohutta verim ve verim unsurlarına etkisi. *ADÜ Ziraat Dergisi*. 14 (1): 51-57.
- Ceran, F. 2015. Farklı zamanlarda ekilen nohut çeşitlerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Demirci, Ö. ve Bildirici, N. 2020. Şanlıurfa ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı nohut çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 656-662.
- Doğan, Y. 2014. Mardin-Kızıltepe ekolojik koşullarında kışlık olarak yetiştirilebilecek nohut çeşitlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (1), 37-46.
- Doğan, S. ve Doğan, Y. 2023. "Yarı kurak iklim koşullarında bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) hat ve çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi." *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 27 (01), 73-82.
- Doğan, Y., Çiftçi, V. ve Ekinci, B. 2015. Mardin Kızıltepe ekolojik koşullarında farklı bitki sıklıklarının nohutta (*Cicer arietinum* L.) verim ve bazı verim öğelerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1),73-81.
- Doğan, Y. ve Çiftçi, V. 2019. Van ekolojik koşullarında farklı bitki sıklıkları ve ekim şekillerinin bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde verim ve bazı verim öğelerine etkisi. Bahri *Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi/Journal of Bahri Dagdas Crop Research*, 8 (1), 91-105.
- Doğan, S., Doğan, Y. ve Kendal, Y. 2019. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) genotiplerin Mardin koşullarındaki verim ve adaptasyon yeteneklerinin belirlenmesi. *Anadolu Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*. 918-922.
- Diamond, J., 2005. Tüfek, Mikrop ve Çelik-Ön söz. *Pegasus Yayınları*. 15.
- Erdin, F. ve Kulaz, H. 2014. Van–Gevaş ekolojik koşulların da bazı nohut (*cicer arietinum* l.) çeşitlerinin ikinci ürün olarak yetiştirilmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue*, 1.
- Geçit, H., Çifçi, C., Emekliler, H., İkincikarakaya, S. ve Adak, S. 2009. Tarla Bitkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1569, Ders Kitabı: 521*.
- Gürbüz, A., Türkan A., Soydaş, S. ve Aydın, N. 2004. Nohutta Korelasyon ve Path Analizi, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*.
- Gündoğdu Gürbüz, L. 2018. Bingöl ekolojik koşullarında bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, s. 53, Bingöl.
- Hakverir, E. ve Erman, M. 2019. Aşılı ve aşısız koşullarda topraktan demir uygulamalarının nohut'un (*Cicer arietinum* L.) verim ve verim değerlerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van.
- Karasu, A. 1993. Bazı nohut çeşitlerinin (*Cicer arietinum* L.) agronomik ve teknolojik karakterleri üzerinde bir araştırma. *Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Kaya, M., Karaman, R. ve Çapar, M. 2016. Göller bölgesi illerinde yetiştirilen nohut genotiplerinin bazı kalite ve teknolojik özellikleri yönünden değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 184-190.
- Mart, D., Öktem, A., Akin, Ramazan., Türkeri, M., Atmaca, E., Mart, S. ve Karaköy, T. 2023. Şanlıurfa'da tescilli bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin verim, morfolojik ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(1), 152-160.



- Oğuz, A. 2018. Siirt ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı nohut çeşitlerinde verim, verim öğeleri ve nodülasyon etkisi, *Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.*
- Ölmez, M., Erman, M., Erden, Z. ve Çöçen, E. 2020. Farklı sıra arası ve bitki sıklığı uygulamalarının 'aziziye-94' nohut çeşidinde bitki çeşidinde gelişimi ve verime etkisinin belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 9(2), 166-177.*
- Özkan, R. 2016. Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Azotlu Gübreye Tasarruflu Çeşitlerin Belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s. 145, Şanlıurfa*
- Pekşen, E. ve Artık, C. 2005. Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(2), 110-120.*
- Sarımurat, M.Ş. 2017. Van Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Nohut (*Cicer arietinum L.*) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s. 51, Van*
- Şanlı, A. 2007. Tohum muameleleri ile farklı ekim zamanlarının nohut (*Cicer arietinum L.*)'un verim ve verim unsurlarına etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.*
- Ton, A. ve Anlarsal, A.E. 2016. Akdeniz iklim koşullarında bazı kışık nohut (*Cicer arietinum L.*) genotiplerinin önemli bitkisel ve tarımsal özelliklerinin saptanması. 1. *Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik Kongresi, s:4290-4296.*
- Tetik, S. 2019. Türkiye'de tescil edilmiş bazı nohut çeşitlerinin bolu şartlarında verim ve bazı öğelerinin tespit edilmesi. *Yüksek lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.*
- Tekatlı, M., Kılınc, C. ve Çinkır, M. 2017. Bazı kışık nohut (*Cicer arietinum L.*) hatlarında bazı tarımsal karakterlerin ve karakterler arası ilişkilerin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 138-141.*
- Toğay N., Toğay, Y., Erman, M., Doğan, Y. ve Çığ, F. 2005. Kuru ve sulu koşullarda farklı bitki sıklıklarının bazı nohut (*Cicer arietinum L.*) çeşitlerinin verim ve verim öğelerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi, 2005 11(4), 417-421.*
- Wallace, T., Murray, R. ve Zelman, K. 2016 The nutritional value and health benefits of chickpeas and hummus. *Nutrients 8:766. <https://doi.org/10.3390/nu8120766>*
- Yaşar, M. 2010. Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı nohut (*Cicer arietinum L.*) hat ve çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Yalçın, F., Mut, Z., Doğanay, Ö. ve Köse, E. 2018. Afyonkarahisar ve Yozgat koşullarında yüksek verim sağlayacak uygun nohut (*Cicer arietinum L.*) çeşitlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Ziraat Fakültesi Dergisi. 35 (1): 46-59.*
- Yiğitoğlu, D. 2006. Kahramanmaraş koşullarında farklı bitki sıklıklarının kışık ve yazlık ekilen bazı nohut çeşitlerinde verim ve verim ile ilgili özelliklerine etkisi. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Yücel, Ö.D. 2004. Çukurova koşullarında farklı ekim zamanları ve sıklıklarının bazı nohut çeşitlerinde verim ve verimle ilgili özelliklere etkisi üzerine araştırma, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*