

# TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2023 - Sayı - 1  
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



**ISPARTA**  
UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 2687-6086

# TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2023, Cilt/Volume: 5, Sayı/Issue: 1

## Privilege Owner / İmtiyaz Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL

## Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

## Editörler / Editors

Prof. Dr. Norita NORWAWI

Prof. Dr. Mirha ĐIKIĆ

Dr. Teuku Reza FERASYI

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. İskender AKKURT

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

Doç. Dr. Abdullah GENÇ

Doç. Dr. Musa YAVUZ

Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Ruziye KARAMAN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

Dr. Mahdi HOSSEINI

Dr. Supriyanto SUPRIYANTO

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mualla Birgül HUBAN

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Sinan UĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Ali Nadi KAPLAN

Dr. Öğr. Üyesi Tuna GÖKSU

Arş. Gör. Mevlüt Yunus KAYACAN

## Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL

Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Prof. Dr. Hasan BAYDAR

Prof. Dr. Altan DOMBAYCI

Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK

Doç. Dr. Selçuk HELHEL

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ

Prof. Dr. Hasan ALKAN

Prof. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN

Prof. Dr. Mahmut ELP

Doç. Dr. Osman GENCEL

Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜZÜN

## İstatistik Editörleri

Prof. Dr. Gamze ÖZEL

Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

## Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

## Dil Editörü/Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Gülin ZEYBEK

## İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Doğu, Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası, Zemin Kat  
32260 Çünür/Isparta

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjse>

Tel: 0246 214 65 74

## Teknik Editörler/Technical Editors

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan GÜLER

Arş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ

Arş. Gör. Hasibe YILDIZ

**TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ** aşağıdaki indeks ve özler tarafından  
taranmaktadır.

**TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING** is indexed and/or abstracted by  
the following international databases.



Academic Resource Index (ResearchBib)



Directory of Research Journals Indexing (DRJI)



Asos Index



Bielefeld Academic Search Engine (BASE)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### Araştırma / Research

- İç Isı Değiştiricili Transkritik bir Isı Pompasının Performansının Farklı Çalışma Şartlarındaki Performansının Deneysel İncelenmesi  
*Analysis of Transcritical Heat Pump System with Internal Heat Exchanger at Different Operating Conditions*  
Arif Emre ÖZGÜR, Özdemir DENİZ, Murat OĞUZ ..... 1-8
- Çörekotu (*Nigella sativa* L.)’nda Bazı Tohum Ön Uygulamalarının Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi  
*The Effect of Some Seed Pretreatments on Yield and Quality Traits in Black Cumin (Nigella sativa L.)*  
Nilüfer DURMAZ, Nimet KARA ..... 9-14
- Bursa Koşullarında İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* L.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi  
*Determination of Forage Yield and Quality of Rygrass (Lolium multiflorum L.) Varieties in Bursa Conditions*  
Barış ÇETİN, Mevlüt TÜRK ..... 15-20
- Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Kapı Uygulaması  
*Internet of Things-based Smart Door Application*  
İbrahim ALAÇAKAL, Habib DOĞAN ..... 21-28
- Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Sıvı Fermente Gübrenin Tuz Stresi Altındaki Rokanın (*Eruca sativa* L. cv. Bengi) Çimlenmesine ve Bazı Büyüme Parametrelerine Etkisi  
*The Effect of Liquid Fermented Fertilizer Derived from Biogas Systems on Germination and Some Growth Parameters of Arugula (Eruca sativa L. cv. Bengi) Under Salt Stress*  
Leman ÇETİNKOL, Aslihan CESUR TURGUT ..... 29-35
- Derim Öncesi Salisilik Asit ve Kalsiyum Klorür Uygulamalarının ‘J.H. Hale’ Şeftali Çeşidinin Derim Zamanında Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri  
*Influences of Salicylic Acid and Calcium Chloride Treatments on Fruit Quality of Peach cv. J.H. Hale at Harvest Time*  
Derya ERBAŞ ..... 36-41
- ### Derleme / Review
- Bitki Beslenmesi ve Bitki Hastalıkları İlişkisi  
*The Relationship between Plant Nutrition and Plant Diseases*  
Zeliha KÜÇÜKYUMUK, Ümit BAYINDIR ..... 42-49
- Acı Bakla (*Lupinus angustifolius* L.) Bitkisinin Kullanım Olanakları  
*Usage Opportunities of Lupine (Lupinus angustifolius L.)*  
Derya GÜLOĞLU ..... 50-53
- Cydia pomonella* (L)'da İnsektisit Direnci ve Mekanizmaları: Küresel Durum  
*Insecticide resistance and mechanisms in Cydia pomonella (L): Global situation*  
Mustafa Murat YEŞİLİRMAK, Recep AY ..... 54-61



## İç Isı Değiştiricili Transkritik bir Isı Pompasının Performansının Farklı Çalışma Şartlarındaki Performansının Deneysel İncelenmesi

Arif Emre Özgür<sup>1</sup>, Özdemir Deniz<sup>1</sup>, Murat Oğuz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü – Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: y11930656012@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 02/01/2023

Kabul tarihi: 24/05/2023

**Anahtar Kelimeler:** Isı pompası, İç ısı değiştirici (IHX), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Küresel ısınma potansiyeli (GWP), Ozon tüketme potansiyeli (ODP)

DOI: 10.55979/tjse.1228422

### ÖZET

Isı pompaları sürdürülebilir bir ısıtma çözümüdür. Bu sistemlerde soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır. Bu akışkanların sentetik olanları, sera etkileri nedeniyle küresel ısınma probleminin artmasına neden olmaktadır. Bu sebeple alternatif ve sürdürülebilir akışkan arayışları artmıştır. Bu çalışmada, alternatif ve sürdürülebilir bir soğutucu akışkan olan R744'ün (CO<sub>2</sub>) kullanıldığı, tek kademeli, iç ısı değiştiricili, Elektronik Genleşme Vanası (EGV) kontrollü transkritik bir ısı pompası sisteminin performansı deneysel olarak incelenmiştir. Farklı EGV açıklık oranları ile sistemin farklı çalışma basınçlarında çalışması sağlanmıştır. Farklı gaz soğutucu ve buharlaştırıcı basınçları için sistemin ısıtma tesir katsayısı (COP<sub>h</sub>) ve soğutucu akışkan debisi değişimleri, deneysel olarak incelenmiştir. Sistem, havadan suya ısı pompası olarak kurulmuştur ve ısı pompasından elde edilen su sıcaklıkları ve debisi kayıt altına alınmıştır. Sistem kararlı rejim şartlarında, EGV açıklık yüzdesi ve sıcak su debisi değerleri değiştirilmiştir. Tüm ölçüm parametreleri ve sistemin çektiği güç değerleri kaydedilmiştir. 7 farklı çalışma şartı için COP<sub>h</sub> değeri hesaplanmıştır. Sistem performansının belirli gaz soğutucu basınçlarında maksimuma ulaştığı gözlemlenmiştir. Optimum gaz soğutucu basıncı civarında sistem performansının maksimuma ulaştığı görülmüştür.

## Analysis of Transcritical Heat Pump System with Internal Heat Exchanger at Different Operating Conditions

### ARTICLE INFO

Received: 02/01/2023

Accepted: 24/05/2023

**Keywords:** Heat pump, Internal heat exchanger (IHX), Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), Global warming potential (GWP), Ozone depletion potential (ODP)

DOI: 10.55979/tjse.1228422

### ABSTRACT

Heat pumps are a sustainable heating solution. Refrigerants are used in these systems. The synthetic ones of these fluids cause an increase in the global warming problem due to greenhouse effects. For this reason, the search for alternative and sustainable fluids has increased. In this study, the performance of a single-stage, internal heat exchanger, Electronic Expansion Valve (EGV) controlled transcritical heat pump system using R744 (CO<sub>2</sub>), an alternative and sustainable refrigerant, was experimentally investigated. With different EGV opening rates, the system is provided to operate at different operating pressures. The heating effect coefficient (COP<sub>h</sub>) of the system and the refrigerant flow rate changes for different gas cooler and evaporator pressures were investigated experimentally. The system was installed as an air-to-water heat pump and the water temperatures and flow rates obtained from the heat pump were recorded. EGV opening percentage and hot water flow rate values were changed in system steady regime conditions. All measurement parameters and the power drawn by the system were recorded. COP<sub>h</sub> value was calculated for 7 different operating conditions. It has been observed that the system performance reaches its maximum at certain gas refrigerant pressures. It has been observed that the system performance reaches its maximum around the optimum gas refrigerant pressure.

### 1. Giriş

Isıtma ve serinletme amacıyla günümüzde eş zamanlı çözümler, ekonomik ve çevreci olabilmektedir. Bu eş zamanlı çözümler arasında ısı pompaları önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda ısı pompalarının konutlarda konfor amaçlı olarak kullanım oranı artmaktadır. Dünya genelinde petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımına dair yaşanan sorunlar, ısınma gereksiniminin karşılanmasında sürdürülebilir çözüm arayışlarını hızlandırmıştır. Isı pompaları sürdürülebilir enerji kullanım yüzdesi yüksek sistemlerdir ve gün geçtikçe kullanım alanları genişlemektedir. Isı pompaları genellikle mekanik buhar sıkıştırma çevrimleri ile düşük ısı kaynağından ısı

çekilmesi ve daha yüksek sıcaklıklı hedef kaynağa ısı aktarılmasını sağlar. Isı pompalarının adlandırılması ısıyı çektiği ortamlara göre belirlenir. Bu kaynaklar toprak, su ve hava kaynaklı olabilir. Düşük ısı kaynağından alınan ısı enerjisinin aktarıldığı hedef ortam ise iç mekân havası olabildiği gibi ısıtma suyu da olabilir (Bayrakçı vd., 2015).

Mekanik sıkıştırma ısı pompası sistemlerinde yaygın olarak HFC (Hidroflorokarbon) soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır. Bu akışkanlar sera etkileri nedeniyle küresel ısınma probleminin artmasına neden olmaktadır ve F-Gaz (Florlu Gazlar) olarak tanımlanmaktadır. Hem sera etkisi hem de F-Gaz Yönetmelikleri sebebiyle alternatif ve sürdürülebilir akışkan arayışları artmıştır. Bu

arayışlar sonucunda R744 uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Isı pompalarında çeşitli soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır. Doğada doğal olarak bulunan R744'de bunlardan biridir. R744'ün ısı transfer kapasitesi 0 °C için 22.545 kJ/m<sup>3</sup>'dür. Buda bize R744'ün hacimsel ısı transfer kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu değer CFC, HCFC, HFC ve HC gibi akışkanların hacimsel ısı transfer kapasitelerinden 3-10 kat daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu yüzden R744'lü sistemlerin boyutları diğer sistemlere kıyasla daha küçük olmaktadır (Kim vd., 2004). R744 gazı için ozon yıkım potansiyeli (ODP) 0 ve küresel ısınma potansiyeli (GWP) 1'dir. Hem ucuz hem de kolay temin imkânı en büyük avantajlarından. Toksik olmayan sayılı soğutuculardan biridir ve yanıcı değildir. Maliyeti uygundur, güvenli bir soğutucu akışkan olduğundan sızıntı kaynaklı sorunlar da minimumdur ve geri kazanım problemi olmadan çevreye bırakılabilir (Rony vd., 2019). R744'ün aynı şartlarda görece yüksek yoğunluk değerleri sebebiyle daha düşük boru çaplarının kullanılabilirliği. Buharlaşma gizli ısı da dikkate alındığında, belirli ısıtma kapasiteleri için daha düşük soğutucu akışkan debileri görülmektedir. Bu avantajlarının yanında 31.06 °C gibi düşük kritik nokta sıcaklığı ve 7.38 MPa gibi yüksek kritik basınç değeri özel bir durum oluşturmaktadır (Zhang vd., 2006). Alışılmış akışkanlara göre bazı ek teknik gereksinimlere ihtiyaç duymaktadır (Kasap vd., 2011). R744 dışında alternatif sürdürülebilir doğal soğutucu akışkanlardan en önemlileri Amonyak (R717) ve saf hidrokarbonlardır (HC). R717'nin olumlu birçok özelliğine rağmen zehirli olması, A2L güvenlik koduna sahip olması ve bakır ile uyumlu olmaması sebebiyle kullanımı için ek tedbirlerin alınmasını gerektirir (Emani vd., 2018). Hidrokarbonlar ise parlayıcı ve yanıcı özelliklere sahiptir ve bu nedenden dolayı büyük soğutma ve ısıtma sistemlerinde kullanılmaları özel tedbirler gerektirir (Özgür ve Bayrakçı, 2010).

Martinez vd. (2022), optimum koşullarda bir transkritik ısı pompasında iç ısı değiştiricisi (IHX) kullanımının etkisini araştırmışlardır. IHX etkinliğinin, sistem performansı üzerinde açık bir etkisi olduğunu net biçimde vurgulamışlardır. Qin vd. (2021), transkritik bir ısı pompasında yenilikçi bir IHX uygulaması geliştirmek üzere çalışma yapmışlardır. IHX kullanımının hem COP<sub>h</sub> hem de ekserji performansında kayda değer bir artış potansiyeli sağladığı ifade edilmiştir. Wang vd. (2021), IHX kullanılan ve kullanılmayan transkritik ısı pompalarının enerji ve ekserji verimliliklerini karşılaştırmışlardır. Ekserji analizlerini ekonomik analizler ile genişleterek, ekserji-ekonomik kıyaslamalar da sunmuşlardır. IHX'in etkinliğinin, sistem performansına ve optimum gaz soğutucu basıncı değerine olumlu etkileri olduğunu ifade etmişlerdir. Cao vd. (2020), tarafından yapılan bir çalışmada da IHX kullanımının, optimum koşullarda, transkritik bir ısı pompasının performansında %6.65 iyileşme sağladığı ifade edilmiştir. Enerji kullanımı açısından da %6.22 bir azalma oranı tespit edilmiştir. Literatürden de görüldüğü üzere transkritik ısı pompalarında IHX kullanımı önemli bir performans iyileştirme seçeneğidir. Bu çalışmada da transkritik bir ısı pompası için maliyet etkin bir IHX prototipi üretilmiş ve deneysel bir çalışma ile uygulanabilirliği gözlemlenmiştir.

Deneysel sistemin enerji performansı, literatürdeki çalışmalar ile kıyaslanarak, üretilen IHX'in etkinliği değerlendirilmiştir. Kurulan sistem bir havadan suya ısı pompasıdır ve manuel kumandalı EGV'ye sahiptir. Bu çalışmanın motivasyonu olarak maliyet etkin bir çözümün, transkritik bir ısı pompası performansı üzerinde etkisini araştırmak ve daha yüksek ısı transfer alanına sahip benzer bir IHX tasarımının, sistem için uyumluluğunun belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

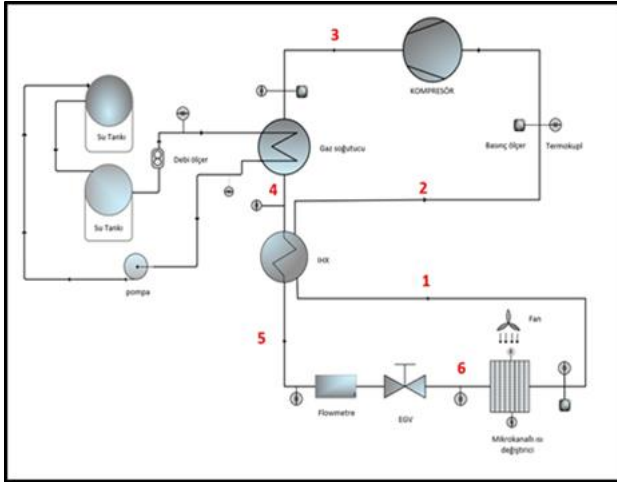
Transkritik R744 çevrimlerinde, süperkritik gaz fazındaki R744'ün çevreye ısı geçişi, yoğunlaşma olmadan, gaz fazında sıcaklığının düşmesiyle gerçekleşir. Kritik basıncın üzerindeki basınçlarda, kritik sıcaklığın üzerinde sıcaklığa sahip madde kızgın buhar, kritik sıcaklığın altında ise maddeye sıkıştırılmış sıvı denilmektedir. Bu ifade transkritik bölgedeki faz dönüşümü hakkında gerekli açıklamayı yapmaktadır (Çengel ve Boles, 1996). Bu sistemlerde kondenserin yerini gaz soğutucu almıştır. Transkritik R744 çevriminde kompresörde sıkıştırılmış R744, gaz soğutucusunda ısısını diğer ortama aktarır.

Kurulan transkritik deneysel sistemde, sistem enerji performansını arttırmak için sisteme bir iç ısı değiştiricisi eklenmiştir. Bu IHX gaz soğutucu çıkış sıcaklığını düşürürken, kompresöre sıvı yürümesini engellemek açısından akümülatör görevi görür. Böylelikle, kompresör girişinde soğutucu akışkanın faz durumunun gaz olmasına hizmet eder. Bu çalışmada, havadan suya ısı aktaran, tek kademelikli bir ısı pompası sistemi tasarlanmıştır. Bunun amacı, son yıllarda ısıtma uygulamaları için havadan suya ısı pompaları alanında yapılan araştırma sayısındaki artıştır. Sistem, soğutucu akışkan çevrimi ve ısı aktarılan su devresi olarak iki bölümde inceleyebiliriz. Soğutucu akışkan tarafının temel bileşenleri kompresör, gaz soğutucu, IHX, debimetre, EGV ve buharlaştırıcıdır. Isının aktarıldığı su tarafının temel bileşenleri ise su devir daim pompası ve iki adet su deposudur. Bir depoda ısınan su dinlendirilir, diğer depodan ise gaz soğutucuya kararlı bir su akışı sağlanması amaçlanır. Sistemin şematik çizimi Şekil 1' de, Şekil 2'de ise deneysel sistemin kurulum görseli verilmiştir.

Şekil 1'deki şematik çizimden görüldüğü üzere, kompresörün basınçlandığı R744 gaz soğutucuya gelmektedir ve burada ısısını suya aktarmaktadır. Gaz soğutucudaki akış zıt yönlüdür ve gaz soğutucudan çıkan R744 iç ısı değiştiriciye gelmektedir. Burada yine aynı zıt yönlü akış sayesinde ısısını, buharlaştırıcıdan geçen R744 akımına aktarmaktadır. Daha sonra iç ısı değiştiriciden geçen soğutucu akışkan debimetreye gelmektedir. Debimetreden çıkan R744 daha sonra EGV ye ulaşır ve burada basıncı, buharlaştırıcı basıncına düşürülmektedir. EGV den çıkan soğutucu akışkan, buharlaştırıcıya girmektedir ve burada havadan ısı olarak buharlaşmaktadır. Buharlaştırıcıdan çıkan R744, sonra daha öncede bahsedildiği gibi, iç ısı değiştiriciden geçerek kompresöre ulaşmaktadır.

Sistemdeki yüksek basınç sebebiyle çelik bağlantı parçaları tercih edilmiştir. Buharlaştırıcı tarafındaki basıncın görece düşük olması sebebiyle bakır boru bağlantıları kullanılmıştır.

Transkritik R744 çevrimlerinde, gaz soğutucu tarafı için bir optimum basınç değeri vardır. Bu basıncın kontrolü için hem piezo basınç sensörleri ile dijital kayıt yapılmış hem de bir analog manometre ile manuel olarak gözlem yapılmıştır. EGV'nin açıklık değerinin de bu basıncın değişimine etkisi olmaktadır. Bu açıklık dijital olarak kumanda edebilmektedir. EGV bir adım motoruna sahiptir ve sahip olduğu yazılım ile fabrikasyon olarak kalibre edilmiş bir algoritma kullanılarak, EGV'nin açıklık kontrolü gerçekleştirilmiştir. Akışkan sıcaklıkları ölçümü için daldırılmalı, K tipi, mineral izoleli, 1/2 inç dişli bağlantıya ısıl çiftler kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümleri, doğrudan akışkanlara temas eden ısıl çiftler ile ölçülmüştür. Basınç ve sıcaklık verileri, bilgisayar ortamında, zamana bağlı olarak kayıt altına alınmıştır. Sistemdeki toplam elektrik enerjisi kullanım değerleri (kompresör, fan ve pompa) bir wattmetre ile ölçülmektedir ve bilgisayarda, zamana bağlı olarak kayıt altına alınmıştır. Sistemdeki hava akımı ise ekstenel bir fan ile sağlanmıştır. Hava taraındaki sıcaklık değerleri yine K tipi ısıl çiftler ile ölçülmüştür. Hava debisi ise Şekil 3'te gösterilen pitot tüpü ile dijital olarak ölçülmüştür. Tüm ölçüm gereçleri ve hassasiyetleri Çizelge 1'de listelenmiştir.



Şekil 1. Deneysel sistemin şematik çizimi  
Figure 1. Schematic drawing of the experimental system

Çizelge 1. Kullanılan ölçüm gereçleri ve hassasiyetleri  
Table 1. Measurement devices and their sensitivities

Cihaz	Kullanım Amacı	Hassasiyet
Piezo basınç ölçer	R744 basınç ölçümü	$\pm \%0.1$ MPa
K tipi ısıl çift	Sıcaklık ölçümü	$\pm 1$ °C
Debimetre	R744 debi ölçümü	$\pm \%0.5$ kg/h
Pitot tüpü	Hava hızı ölçümü	$\pm \%4$
Türbin tipi debimetre	Su debi ölçümü	$\pm 2.5$ FS
Wattmetre	Elektrik enerjisi ölçümü	$\pm \%1+5W$



Şekil 2. Deneysel sistemin kurulum ait görsel  
Figure 2. Visualization of the setup of the experimental system



Şekil 3. Hava debisi ölçüm sistemi ve pitot tüpü  
Figure 3. Air flow measurement image and pitot tube

Her geçen yıl R744'e olan ilgi artmaktadır ve bu ilgi artışı ve gereklilikten dolayı farklı tip ve özelliklerde kompresörler geliştirilmektedir. Günümüzde R744 soğutucu akışkanı için farklı modellerde kompresörler bulmak mümkündür. R744 soğutucu akışkanına uygun olan kompresörler, aşınmaya karşı dayanıklı ve uzun ömürlü tahrik sınıfında yer alırlar. Kompresör için önemli bir parametre olan yağlama sistemi açısından da bünyesinde bulundurdukları pompalı yağlama sayesinde sorunsuzdurlar. Sistem için kullanılan kompresörün görüntüsü ise Şekil 3'te verilmiştir. R744 için geliştirilmiş Sanden marka hermetik bir kompresör kullanılmıştır. Kompresörde sol tarafta basma hattı, en sağda emiş hattı ve ortada servis hattı mevcuttur. Kompresörün hat ağzlarında 8 mm çapında bağlantı boruları yer almaktadır. Sistem kurulumu için sökülebilir bağlantı (dişli bağlantı) tercih edilmiştir. Bu borulara rekorlu nipel parçalar kaynak yöntemi eklenmiştir. Nipelilerin kaynak noktalarının, dişli bağlantılar yapılırken zorlanarak deforme olmaması için

nipel ile zemin arasında bir ankastre parça eklenmiştir. Emme ve basma hattında kullanılan rekorlu hortumların bağlantıları sırasında da sızdırmazlık sağlayabilmek için dişlilere bir bağlantı kuvvetlendirici yapıştırıcı sürülmüştür.



Şekil 3. Hermetik kompresör ve bağlantıları  
Figure 3. Hermetic compressor and junctions

Transkritik ısı pompasında yüksek basınçlar görüldüğü için seçilen ekipmanlarında uygunluğu önem arz etmektedir. Sistemin buharlaştırıcısı olarak mikro kanallı ısı değiştirici kullanılması öngörülmüştür. Hava akımının kararlı bir akım hızı ile buharlaştırıcıya ulaşabilmesi için bir hava kanalı imal edilmiştir. Şekil 4'te, imal edilen hava kanalı içindeki buharlaştırıcının görüntüsü verilmiştir. Buharlaştırıcının maksimum işletme basıncı 4.5 MPa, yırtılma basıncı ise 13.4 MPa olarak verilmektedir. Kurulan deneyselsistem için bu basınç seviyelerinin uygun olduğu değerlendirilmiştir. 4.5 MPa çalışma basıncı, R744 için +10 °C doyma sıcaklığına karşılık gelmektedir. Bu değer, transkritik ısı pompaları için uygundur. Mikro kanallı ısı değiştiricinin giriş ve çıkış hatları da kompresörde olduğu gibi dışlı bağlantı yapılmıştır. Hava kanalının içine bir kızak sistemi ile monte edilen buharlaştırıcı, hava akımının kenarlardan sızma ihtimaline karşı yalıtılmıştır. Hava akışı için bir aksenel fan kullanılmıştır. Bu aksenel fanın, hava hızı ölçüm hassasiyetini bozucu türbülans etkilerini gidermek amacıyla, kanal içerisinde akış düzleştirici eklenmiştir.

Sistemde gaz soğutucu olarak bir plakalı ısı değiştirici tasarımı ve imalatı yaptırılmıştır. Bu gaz soğutucu, R744 transkritik çevrimlerindeki basınç seviyesine dayanıklıdır ve paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Sistemdeki en yüksek basınç ısı değiştiricisine ulaşmaktadır. Kullanılan gaz soğutucusu Alfa Laval AXP14-20H-F serisidir. Bu ısı değiştirici içerisinde zıt akım oluşturacak şekilde akışkanların bağlantıları gerçekleştirilmiştir. R744 hatları kaynaklı birleştirme ile su akışı ise dışlı birleştirme ile bağlantılanmıştır. Kaynaklı bağlantı tercih sebebi hem sızdırmazlık hem de güvenlik kriterleri dikkate alınarak tercih edilmiştir.



Şekil 4. Mikro kanallı ısı değiştirici (buharlaştırıcı)  
Figure 4. Micro-channel heat exchanger (evaporator)

Çalışmada üretilen iç ısı değiştirici iki farklı çapa sahip borudan oluşmaktadır. Küçük çaplı borudan kompresörü terk eden soğutucu akışkan geçerken, büyük çaplı borudan ise buharlaştırıcıdan çıkan ve kompresöre dönen soğutucu akışkan geçmektedir. Aynı gövdede birleştirilen bu borulardan küçük çaplı olan, büyük boru etrafına sarılmıştır. Borulardaki akış yönleri ters istikamete sahiptir ve akışkanlar birbirine karışman ısı aktarım yapmaktadır. Boru malzemeleri paslanmaz çeliktir. Tüm bağlantılar dışlı birleştirmeye sahiptir. Bu IHX düşük maliyet ve görece yüksek etkinlik kriterleri dikkate alınarak yalın bir formda üretilmiştir. Sisteme monte edilen bu iç ısı değiştiricinin görseli Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. İç ısı değiştirici  
Figure 5. Internal heat exchanger



## 2.2. Metot

Deneysel sistem havadan suya ısı aktarımı yapan bir ısı pompası olarak çalıştırılmıştır. Sistem kompresörü kapalı durumda iken 5 MPa basınç değerine kadar gaz yüklemesi yapılmıştır. Daha sonra sistem çalıştırılmıştır ve uygun gaz basınç değerleri elde edilinceye kadar soğutkan yüklemesi süreci devam ettirilmiştir. Sistemin belirli EGV açıklığında, yaklaşık 30'ar dakikalık sürelerle çalışması sağlanmıştır. Böylelikle sistemin kararlı rejime ulaşması sağlanmıştır. Yine su debisi değerleri farklılaştırıldığında 30 dakika rejime girme süresi beklenmiştir. Sistemde dolaşan R744 debisi, her deneyde, sürekli olarak ölçülmüştür ve belirli aralıklarla kayıt altına alınmıştır. Gaz soğutucu çıkışındaki ısınmış su, pompa yardımıyla üst raftaki su tankına gönderilmiştir. Gaz soğutucuya gönderilen su akımı ise alt raftaki su tankından sağlanmıştır. Her iki deponun hacmi, kararlı bir rejimde çalışma gerçekleştirmek için gerekli süre boyunca yeterli su depolama hacmi sunmaktadır. Üst raftaki tankın vanası alt raftaki su seviyesini dengeli tutacak şekilde açık tutulmuştur. Kompresör motor frekansı, hava üfleme fanı devri ve pompa devir değerlerinde değişiklik yapılmamıştır. Çalışma esnasında ölçümler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Debimetrelerdeki ve wattmetre ile ölçülen değerler, 8-10 dakika aralıklarla, kayıt altına alınmıştır.

Sistemin enerji analizini yapabilmek için bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller şöyle listelenebilir;

- Kinetik ve potansiyel enerji terimleri ihmal edilmiştir,
- Sistem bağlantı ekipmanlarındaki basınç ve ısı kayıpları/kazançları ihmal edilmiştir,
- Sistemin sürekli rejim şartlarına ulaştığı öngörülmüştür,
- Çalışma şartlarındaki sıcaklık ve basınç değerleri dikkate alınarak, su için sabit özgül ısı yaklaşımı kullanılmıştır ( $c_{su} = 4186 \text{ J/kg.K}$ )
- $COP_h$  hesaplamasında sistemin toplam kullandığı elektrik enerjisi kullanılmıştır

$$Q_{gs} = \dot{m}_{su} \cdot c_{su} \cdot \Delta T(su, gs) \quad (1)$$

$$\Delta T(su, gs) = T[10] - T[7] \quad (2)$$

$$COP_h = Q_{gs} / W_T \quad (3)$$

$$W_T = W_k + W_p + W_f \quad (4)$$

Bu denklemlerde  $COP_h$  performans katsayısını,  $W_k$  kompresörün,  $W_p$  pompanın,  $W_f$  fanın ve  $W_T$  sistemin toplam harcadığı gücü ifade etmektedir.

## 3. Bulgular

Çalışmaların bu kısmında deney sistemi üzerinde farklı değişkenler üzerinde durularak deneyler yapılmıştır. Bu deneyler esnasında sisteme etkisinin incelendiği parametreler şunlardır;

- Gaz soğutucu su debisi
- Elektronik vana açıklık oranı

Yapılan deneylerde tek bir parametrenin değişiminin sistem çalışmasına etkilerinin anlaşılabilmesi için diğer parametreler sabit değerlerde tutulmuştur.

Hava akış hızı ise 1.1 m/s hızında ölçülmüştür ve tüm deneysel çalışmalarda sabit tutulmuştur ve Şekil 3'te görüldüğü yöntem ile ölçümler kayıt altına alınmıştır.

Deneylerden elde edilen veriler ile  $COP_h$  değerleri hesaplanmıştır ve bu sonuçlara dair hata değerlendirilmesinin yapılabilmesi için belirsizlik analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre performans değerindeki maksimum ve minimum hatalar, aşağıdaki denklem aracılığı ile belirlenmiştir. Denklem 5, ölçüm araçlarının hassasiyetleri ve ölçüm parametrelerinin değişik değerleri dikkate alındığında,  $COP_h$  için yaklaşık hata değeri  $\pm 2.5$  olarak hesaplanmıştır.

$$\frac{W_{COP_h}}{COP_h} = \sqrt{\left(\frac{W_f}{T}\right)^2 + \left(\frac{W_p}{P}\right)^2 + \left(\frac{W_{R744}}{\dot{m}_{R744}}\right)^2 + \left(\frac{W_{su}}{\dot{m}_{su}}\right)^2 + \left(\frac{W_W}{W}\right)^2} \quad (5)$$

Çizelge 2'de deneysel sistemde ölçüm yapılan sıcaklık noktalarının karşılıkları verilmektedir. 10 farklı noktadan ölçülen sıcaklıklar, sistemin kararlı rejime girme durumunun takibi için de önem arz etmektedir. Çizelge 2'de listelenen her bir sıcaklık noktasında ölçülen değerler, tüm deneyler için Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3'te ise EGV açıklık oranları ile R744 debi değerlerindeki değişim görülmektedir. Yine bu çizelgede ortalama sistem güç kullanımı ve deneylerde kullanılan su debi değerleri de gösterilmektedir.

Çizelge 3 ve 4 beraber yorumlandığında, EGV açıklığındaki azalma, gaz soğutucu basıncında artış, buharlaştırıcı basıncından ise azalmaya sebep olmaktadır. Soğutucu akışkan debisi de buna bağlı olarak değişmektedir. EGV açıklığı azaldıkça soğutucu akışkan debisi de azalır. Çizelge 4'te görülmektedir ki gaz soğutucu basıncı arttıkça kompresör çıkış sıcaklığı da artmaktadır. Bu sayede ısı pompasından elde edilebilecek su sıcaklığı da artış göstermektedir. Fakat bu esnada sistem enerji performansı değişmektedir. Maksimum performans için optimum gaz soğutucu basıncında işletme gerekmektedir. Bu çalışmada, 7. deney dışında gaz soğutucu basıncı optimum değere oldukça yakındır. Çizelge 5'teki  $COP_h$  değerinin, 7. deney için düşük olmasının sebebi optimum gaz soğutucu basıncında çalışmamaktır.

Çizelge 2. Deneysel sistemde ölçülen değerler ve gösterimi  
Table 2. Values measured in the experimental system and their representation

Değerler	Gösterim
Gaz soğutucuya giren CO <sub>2</sub> sıcaklığı	T[1]
Gaz soğutucudan çıkan CO <sub>2</sub> sıcaklığı	T[2]
Buharlaştırıcıya giren CO <sub>2</sub> sıcaklığı	T[3]
Buharlaştırıcıdan çıkan CO <sub>2</sub> sıcaklığı	T[4]
Kompresöre giren CO <sub>2</sub> sıcaklığı	T[5]
Debimetreden çıkan CO <sub>2</sub> sıcaklığı	T[6]
Sisteme giren soğutucu su sıcaklığı	T[7]
Buharlaştırıcı sonrası havanın çıkış sıcaklığı	T[8]
Buharlaştırıcı öncesi havanın giriş sıcaklığı	T[9]
Gaz soğutucudan çıkan su sıcaklığı	T[10]

Çizelge 5'te elde edilen COP<sub>h</sub> değerleri arasında en yüksek değer 2.96 olarak hesaplanmıştır. 5. deney için elde edilen bu değer, sistemin optimum gaz soğutucu basıncına yakın bir yüksek basınca sahip olarak çalıştığı şeklinde yorumlanabilir. Deneysel sistemde gaz soğutucu basıncını değiştiren ek bir tedbir alınmadığı için her deneyde optimum gaz soğutucu basınçlarına ulaşamamıştır. Gaz soğutucu basıncını etkileyen iki ana unsur, gaz şarj miktarı ve EGV açıklığıdır. Gaz soğutucu çıkışına ek bir vana konularak, gaz soğutucu basıncı optimum değerlere çekilebilir. Bu çalışmadaki deneysel sistemin, bu altyapıya sahip olması hedeflenmektedir ve ilerideki çalışmalarda bu sonuçlara da ulaşılacak için araştırmalar gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada elde edilen ön sonuçlar, ileride yapılacak çalışmalara yol gösterici nitelikte öncül bulgular sunmaktadır.

Çizelge 3. Deneylerde kaydedilen değerler

Table 3. Values recorded in the experiments

Deney sırası	EGV açıklık oranı	Su debisi (lt/s)	R-744 debisi (kg/dk)	Çekilen güç (W)
1.Deney	% 22	0.0355	0.44	675
2.Deney	% 18	0.04	0.254	674.5
3.Deney	% 14	0.04	0.263	710
4.Deney	% 14	0.053	0.236	715
5.Deney	% 18	0.053	0.331	728
6.Deney	% 22	0.053	0.450	755
7.Deney	% 8	0.061	0.191	752

Çizelge 4. Sıcaklık ve basınç değerleri

Table 4. Temperature and pressure Values

Deney	T[1] °C	T[2] °C	T[3] °C	T[4] °C	T[5] °C	T[6] °C	T[7] °C	T[8] °C	T[9] °C	T[10] °C	Pb (MPa)	Pgs (MPa)
1.Deney	87.4	28	9.71	7.3	15.8	27.1	24.6	13.7	21.9	34.8	2.6	7.1
2.Deney	92.9	28	4.4	17	15.9	27.4	24.9	10.7	21.3	35.5	2.7	7.2
3. Deney	96.3	29.2	-7.9	17.4	16.9	28.1	26.7	13.5	21.2	36.8	2.8	7.2
4.Deney	98.5	30.1	-4.6	18.5	18.6	29.1	28.2	26.1	18.5	37.4	2.9	7.7
5.Deney	96.3	32	-1.6	19	18.4	31.1	29.7	7.5	22.7	39.4	3.1	7.9
6.Deney	85.6	35.4	4.7	18	14.7	34.6	32.3	10.5	22.8	42.2	3.7	7.8
7.Deney	97	34.2	-12.9	22.9	23.3	32.8	32.8	17.6	24.9	39.4	2.3	9.2

$\dot{Q}_{gs}$ , sistemdeki gaz soğutucuda gerçekleşen toplam ısı transferini,  $W_T$  ise sistemde kullanılan toplam gücü ifade etmektedir.  $\Delta T$  (°C) sıcaklık farkını,  $c_{su}$  (kJ/kg.°C) su için özgül ısıyı,  $\dot{m}_{su}$  (kg/s) ise kütsel debiyi ifade etmektedir. Her bir deneysel çalışmada alına sıcaklıklar, sistemin rejime girdiği andaki değerler olarak alınmıştır. Alınan verilerin işlenmesi ile COP<sub>h</sub> değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 5 ve 6'da bu COP<sub>h</sub> değerlerine ilaveten, gaz soğutucudaki su sıcaklığındaki artışa da yer verilmiştir. Bu değişimlerin 10 °C civarında olduğu görülmektedir. Bu değer bir konut ısıtma uygulamasına uyumludur.

Çizelge 6'da verilen sonuçlar, toplam güç tüketiminin sadece kompresör kapasitesi olarak alındığı durum için geçerlidir. Gerek teorik çalışmalarda gerekse bazı deneysel çalışmalarda yapılan bu kabulün, sistemin genel performansını gösteren sonuçlara ne oranda yansıdığını göstermek için verilmiştir. Yapılan bu basitleştirici kabulün, sebep olabileceği hataya dair bir kanaat, bu iki Çizelge incelenerek anlaşılabilir. Fan ve sirkülasyon

pompasının harcadığı güç 131 W olarak ölçülmüştür. Deneyler boyunca fan ve sirkülasyon pompasında güç artışı ya da azaltımı yapılacak bir değişiklik yapılmamıştır. Sadece kompresör hesaba katılarak yapılan COP<sub>h</sub> hesapları Çizelge 6'da gösterilmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Isı pompası çevrimlerinde hem sentetik hem de doğal akışkanlar kullanmak mümkündür ancak sera gazı etkisi veya ozon tabakasına zarar verme etkisi gibi kriterlerden dolayı bazı gazlar yasaklanmış, bazılarının ise kullanımı sınırlandırılmıştır. Ozon tabakasına zarar vermeyen ama sera gazı etkisi oluşturan soğutucu akışkanlar, günümüzdeki ısı pompalarında çok yoğun olarak kullanılmaktadır. Buna örnek R410A verilebilir. Oldukça yüksek sera etkisine sebep olan R410A, ikili bir karışımdır ve F-Gaz Yönetmeliği kapsamında kullanımının sınırlandırılmasına yönelik tedbirler yer almaktadır. F-gazlar, gelecekte tamamen terk edilecek soğutucu

akışkanlar olarak tanımlanabilir ve hem AB de hem de ülkemizde alternatif çözüm arayışları hız kazanmıştır. Günümüzde ise iklim değişikliği ile mücadele için küresel ısınma potansiyeli düşük ve ozon delme potansiyeli olmayan çözümler üzerine çalışmalar yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, küresel ısınma potansiyeli 1 olan ve ozon delme potansiyeli 0 olan R744 soğutucu akışkanı tercih edilmiştir.

Sistem elemanları R744 soğutucu akışkanının çalışma aralığı olan yüksek basınçlara göre seçilmiştir ve deneysel sistem kurulurken, bağlantı yerleri de yine bu yüksek basınca karşı sızdırmazlık şartlarına yerine getirecek şekilde yapılmıştır. Sistemde soğutucu akışkan debisi ve su debisi ve EGV için farklı açıklık değerlerinde, 7 farklı durum için sonuçlar elde edilmiştir. Sistem transkritik şartlarda işletilmiştir. Deneysel çalışmalardan alınan sonuçlar, dijital ortama aktarılmış ve sistem performansı incelenmiştir. EGV açıklığının düşük ve su debisinin yüksek olduğu durumlarda, sistemin optimum işletme koşullarından uzaklaştığı görülmüştür ve sistemin güç kullanım değeri artmıştır. Bu durumda COP<sub>h</sub> değeri de görece düşük seviyelerde kalmıştır. Yapılan çalışmalarda, sistem performans katsayısının, EGV açıklığının %18 ve su debisinin 0,0355 kg/s olduğu çalışma şartlarında sağlandığı görülmüştür. Literatür ile yapılan kıyaslamalarda, bu deney için optimum gaz soğutucu basıncının 8,03 MPa olacağı belirlenmiştir. 5. deney için gaz soğutucu basıncı 7,9 MPa olarak ölçülmüştür. Bu iki değerin birbirine yakın olması, sistemin optimum işletme koşullarına oldukça yakın olduğu anlamına gelmektedir. Bu sebeple sistem performansı maksimum olmaktadır. 7. deney için ise hesaplanan optimum gaz soğutucu basıncı 8,77 MPa iken sistemin işletme basıncının, 9,2 MPa olduğu, Çizelge 4'ten görülmektedir. Bu sebeple sistem performansında bir dramatik düşüş görülmektedir. İlerleyen çalışmalarda, sistemin hem ekserji analizleri hem de optimum işletme koşulları da çalışılması planlanmaktadır.

Havadan suya ısı pompası sisteminin performansının belirlenmesinde, sistemde kullanılan toplam gücün, sadece kompresör gücü olarak hesaba katılmasının da hatalara sebep olduğu bu çalışma sonuçlarından görülmektedir. %21 ila %24 aralığında bir hata oluşabileceği, ilgili Çizelgelerden anlaşılmaktadır. Bu hata, bazı teorik çalışmalarda elde edilen COP<sub>h</sub> değerlerinin önemli oranda hatalı olabileceğine işaret etmektedir. Sistem enerji performansı belirlenirken, sistemin tüm güç kullanımı hesaba katılmalıdır.

Bu çalışma sonucunda görülmektedir ki IHX kullanılan, tek kademeli transkritik R744 ısı pompalarının enerji performansı, günümüzdeki ısı pompalarının performansı ile rekabet edebilecek seviyelerdedir. Soğutucu akışkan değişikliklerinin yaşandığı günümüzde, doğal ve sürdürülebilir bir soğutucu akışkan olan R744'ün, ısıtma amaçlı uygulamalarda tercih edilebilir. Ülkemiz ve dünya genelinde, soğutucu akışkan kullanımına dair yaşanan kısıtlamalara ve yasaklamalara, doğal soğutucu akışkan tercihi yapılarak, enerji performansında kayda değer bir değişim olmadan uyum sağlamak mümkündür. Böylelikle doğrudan emisyon azaltımı elde edilirken, enerji kullanımı kaynaklı, dolaylı emisyonunda da kayda değer bir artışa sebep olunmayacağı ifade edilebilir. Özellikle sentetik soğutucu akışkanların, özellikle de F-Gazların ithalat yolu temin edildiği ülkeler için doğal soğutucu akışkan tercihinin ekonomik kazanımları da anlamlı olacaktır. Ülkemiz açısından R744 veya R717 gibi doğal ve sürdürülebilir soğutucu akışkan tercihlerinin, bu geçiş sürecinde önemli bir fırsattır. Bu soğutucu akışkanlara uyumlu sistem bileşenlerinin geliştirilmesine önem verilerek, önemli bir dışa bağımlılıkta azalma elde edilebilir. Transkritik sistemlerde enerji etkin diğer çözümlerinde ısı pompalarına uygulanması, ısı pompası gibi temiz enerji çözümlerini daha da çevreci bir kimliğe kavuşturacaktır.

Çizelge 5. Deneylerin COP<sub>h</sub> hesabı

Table 5. COP<sub>h</sub> calculation of experiments

Deneyler	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$c_{su}$ (J/kg.°C)	T[10] (°C)	T[7] (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{Q}_{gs}$ (j/s)	W (j/s)	COP <sub>h</sub>
1.Deney	0.036	4186	34.8	24.6	10.2	1516	675	2.25
2.Deney	0.041	4186	35.5	24.9	10.6	1819	674.5	2.70
3.Deney	0.041	4186	36.8	26.7	10.1	1733	710	2.44
4.Deney	0.053	4186	37.4	28.2	9.2	2041	715	2.85
5.Deney	0.053	4186	39.4	29.7	9.7	2152	728	2.96
6.Deney	0.053	4186	42.2	32.3	9.9	2196	755	2.91
7.Deney	0.061	4186	39.4	32.8	6.6	1685	752	2.24

Çizelge 6. Sadece kompresör güç tüketimi ile COP hesapları

Table 6. COP<sub>h</sub> calculations with compressor power consumption only

Deneyler	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$c_{su}$ (j/kg.°C)	T[10] (°C)	T[7] (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{Q}_{gs}$ (W)	W <sub>T</sub> (W)	COP <sub>h</sub>
1.Deney	0.036	4186	34.8	24.6	10.2	1516	544	2.79
2.Deney	0.041	4186	35.5	24.9	10.6	1819	543.5	3.35
3.Deney	0.041	4186	36.8	26.7	10.1	1733	579	2.99
4.Deney	0.053	4186	37.4	28.2	9.2	2041	584	3.50
5.Deney	0.053	4186	39.4	29.7	9.7	2152	597	3.60
6.Deney	0.053	4186	42.2	32.3	9.9	2196	624	3.52
7.Deney	0.061	4186	39.4	32.8	6.6	1685	621	2.71

## 5. Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimin tarafından 2021-YL1-0121 numaralı BAP Projesi tarafından desteklenmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

- Bayrakçı, H., Özgür, A. E., & Akdağ, A. E. (2015). Aynı soğutma yükü için CO<sub>2</sub>'li ısı pompalarının enerji sarfiyatlarının karşılaştırılması. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 33-38.
- Cao, F., Ye, Z., & Wang, Y. (2020). Experimental investigation on the influence of internal heat exchanger in a transcritical CO<sub>2</sub> heat pump water heater. *Applied Thermal Engineering*, 28(168), 114855. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114855>
- Çengel, Y. A., & Boles, M.A., (1996). *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*, Literatür Yayıncılık.
- Emani, M. S., & Mandal, B. K. (2018). The use of natural refrigerants in refrigeration and air conditioning systems: A review. *IOP*

- Conference Series: Materials Science and Engineering*, 377(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/377/1/012064>
- Kasap, F., Acül, H., Canbaz, H., & Erbil, S. (2011). R744 (CO<sub>2</sub>) soğutucu akışkanlı soğutma sistemleri, kanatlı borulu R744 (CO<sub>2</sub>) evaporatör ve gaz soğutucu tasarımı esasları. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 369-389.
- Kim, M. H., Pettersen, J., & Bullard, C. W. (2004). Fundamental process and system design issues in CO<sub>2</sub> vapor compression systems. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), 119-174. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2003.09.002>
- Oton-Martinez, R. A., Illan-Gomez, F., Garcia-Cascales, J., Velasco, F. J. S., & Haddouche, M. R. (2022). Impact of an internal heat exchanger on a transcritical CO<sub>2</sub> heat pump under optimal pressure conditions. Optimal-pressure performance of CO<sub>2</sub> heat pump with IHX. *Applied Thermal Engineering*, 215, 118991. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118991>
- Qin, X., Wang, D., Jin, Z., Wang, J., Zhang, G., & Li, H. (2021). A comprehensive investigation on the effect of internal heat exchanger based on a novel evaluation method in the transcritical CO<sub>2</sub> heat pump system. *Renewable Energy*, 26(178), 574-586. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.082>
- Rony, R. U., Yang, H., Krishnan, S., & Song, J. (2019). Recent advances in transcritical CO<sub>2</sub> (R744) heat pump system: A review. *Energies*, 12(3), 457. <https://doi.org/10.3390/en12030457>
- Wang, Y., Ye, Z., Yin, X., Song, Y., & Cao, F. (2021). Energy, exergy and exergoeconomic evaluation of the air source transcritical CO<sub>2</sub> heat pump with internal heat exchanger for space heating. *International Journal of Refrigeration*, 29(130), 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.06.028>
- Zhang, X. R., Yamaguchi, H., Fujima, K., Enomoto, M., & Sawada, N. (2006). Study of solar energy powered transcritical cycle using supercritical carbon dioxide. *International Journal of Energy Research*, 30(14), 1117-1129. <https://doi.org/10.1002/er.1201>



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Çörekotu (*Nigella sativa* L.)'nda Bazı Tohum Ön Uygulamalarının Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi

Nilüfer Durmaz<sup>1</sup>, Nimet Kara<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ziraat Mühendisi – İzmir-Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: nimetkara@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 16/01/2023

Kabul tarihi: 21/06/2023

**Anahtar Kelimeler:** GA<sub>3</sub>, *Nigella sativa* L., stratifikasyon, tohum uygulaması

DOI: 10.55979/tjse.1235655

#### ÖZET

Araştırma, Burdur ekolojik koşullarında çörekotu tohumlarına bazı ön uygulamaların çimlenme, verim ve verim komponentlerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme, Burdur İli Merkez İlçeye bağlı Çatağıl Köyünde, Çameli (*Nigella sativa* L.) çörekotu çeşidi kullanılarak Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre yazlık olarak 3 tekerrürlü kurulmuştur. Deneme; ekim öncesi tohumlara çimlenmeyi teşvik etmek amacıyla skarifikasyon, GA<sub>3</sub>, 4 °C'de 15 gün bekleme, 4 °C'de 30 gün bekleme, 4 °C'de 15 gün bekleme+GA<sub>3</sub>, 4 °C'de 30 gün bekleme +GA<sub>3</sub>, ıslatma, ıslatma+GA<sub>3</sub> ve kontrol parsellerinden oluşmuştur. Araştırma sonucuna göre; tohum ön uygulamaları arasında çörekotunun bitki boyu, yan dal sayısı, kapsül sayısı, tohum verimi, 1000 tane ağırlığı, uçucu yağ oranı ve çimlenme oranı arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli, ana dal sayısı ve sabit yağ oranı arasındaki farklar önemli bulunmamıştır. Genel olarak incelenen özellikler bakımından GA<sub>3</sub>'ün içinde bulunduğu kombinasyonlar daha yüksek belirlenmiştir. Sonuç olarak; çörekotunda daha yüksek tohum verimi ve sabit yağ oranından dolayı tohuma ıslatma+GA<sub>3</sub> ön uygulaması önerilmektedir.

### The Effect of Some Seed Pretreatments on Yield and Quality Traits in Black Cumin (*Nigella sativa* L.)

#### ARTICLE INFO

Received: 16/01/2023

Accepted: 21/06/2023

**Keywords:** GA<sub>3</sub>, *Nigella sativa* L., stratification, priming

DOI: 10.55979/tjse.1235655

#### ABSTRACT

Research was conducted with aim to investigate the effects on the germination, yield and its components of some pre-treatments applied to black cumin seeds in Burdur ecological conditions. The experiment was set up as three replications according to Randomized Complete Blocks Design in the Çatağıl Village of the Central District of Burdur Province by using Çameli variety. The experiment, scarification, GA<sub>3</sub>, 15 days incubation at 4 °C, 30 days at 4 °C, 15 days at 4 °C+GA<sub>3</sub>, 30 days at 4 °C+GA<sub>3</sub>, soaking, soaking+GA<sub>3</sub>, and control plots were treatment to seeds with encourage germination before sowing. In the research were statistical significant different between plant height, number of side branches, number of capsules, seed yield, 1000 grain weight, essential oil content and germination rate, while statistical differences non-significant between number of main branches and fixed oil rate of black cumin. Generally, the combinations containing GA<sub>3</sub> showed higher values in terms of the properties examined. As a result, it was concluded that soaking+GA<sub>3</sub> can be recommended as priming treatment to seed due to higher seed yield and fixed oil rate in black cumin.

#### 1. Giriş

Çörekotu (*Nigella sativa* L.) tohumlarının içerdiği sabit yağ, uçucu yağ ve besin maddelerinden dolayı çok değerli bir tıbbi bitkidir. Çörekotu uçucu yağında bulunan timokinon sayesinde antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antihistaminik ve antikanser gibi farklı farmakolojik aktivitelere sahiptir (Güzelsöy vd., 2018). *Nigella* cinsinin en çok kullanılan türleri *Nigella sativa* ve *Nigella damascena*'dır (Turner, 2004). Türkiye'de üretimi yapılan çörek otu türü *Nigella sativa* (Baytop, 1984) olup, Trakya, Kuzey Anadolu ve Akdeniz bölgesinde (Riaz vd., 1996; Tonçer & Kızıl, 2004) 83 915 dekar alanda 6 435 ton çörekotu üretimi yapılmaktadır (TÜİK, 2022). Çörekotunda çeşit, uygun ekolojik koşullar ve tarım

tekniklerinin belirlenmesi, verim ve üretimin artırılması bakımından önemlidir. Tarımda, iyi bir çimlenme ve toprak çıkışı bitkisel verimliliğin en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Su, sıcaklık, oksijen, ışık, toprak tuzluluğu ve ağır karakterli toprak yapısı ile toprak kaymak tabakası gibi abiyotik ya da fungus, bakteri ve böcek gibi biyotik faktörler tohumun çimlenmesi üzerine direkt etkili olan faktörlerdir (Duman & Gökçöl, 2018). Dormansiyi kırmak ve olumsuz koşullarda düzgün bir çimlenme ve çıkış sağlayabilmeleri için katlama, ekim öncesi ıslatma, büyüme düzenleyiciler, asitlerle aşındırma, vitaminler, besin maddeleri veya osmotik çözeltilerde tutma, sıcaklık ve ışık uygulamaları, kaplama ve bantlama gibi tohum ön uygulamaları yapılmaktadır (Hartman vd., 1990; Karakurt vd., 2010). Bunların içerisinde hormonlar ve özellikle de

GA<sub>3</sub> yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Altuner vd., 2019). Çörekotunda yürütülen çalışmalarda tohumların 12-28 gün (Ulus & Şahin, 2020), 17.3-23.0 gün (Ürüşan, 2016) ve 21-25 gün (Faydacı, 2019) arasında çimlenebildiği belirtilmiştir. Çörekotunda geç çimlenme ve tohumlarının küçük olması nedeniyle uniform çıkışın sağlanamaması verimi etkileyen faktörlerdendir. Düzensiz ve geç çimlenme ile birlikte oluşan yabancı ot, hastalık ve zararlılar, bitki gelişimini yavaşlatarak verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir (Muhyaddin & Wiebe, 1989). Bu araştırma, çörekotunda ekim öncesi tohuma uygulanan bazı ön işlemlerin çimlenme, verim ve komponentleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma, Burdur İli Merkez İlçeye bağlı Çatağıl Köyünde yazlık olarak 2021 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü Burdur ili Göller Yöresinde Akdeniz ile Orta Anadolu Bölgesinin geçiş alanında 950 metre rakıma sahiptir. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak olup, tipik karasal iklim hüküm sürmektedir.

Denemenin yürütüldüğü 2021 yılının vejetasyon döneminde ortalama sıcaklık 18.4 °C olup, uzun yıllar sıcaklık ortalamasından (17.9 °C) yüksek olmuştur. Aynı yıla ait toplam yağış miktarı 172.6 mm ile uzun yıllar ortalamasından (204.1 mm) düşük olmuştur (Çizelge 1). Deneme alanı düz bir topoğrafik yapıda, kumlu-tınlı, tuz oranı düşük, hafif alkali, kireç oranı orta ve organik madde oranı orta düzeydedir (Çizelge 2). Araştırmada materyal olarak Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürlüğü tarafından tescil edilen Çameli çeşidi kullanılmıştır.

Araştırma, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak 13 Mart 2021'de kurulmuştur. Her parsel 4 sıradan, sıra arası 20 cm ve 3.2 m<sup>2</sup> (4 m x 0.8 m)'den oluşmuştur. Çörekotunda ekim öncesi tohumlara çimlenmeyi teşvik etmek amacıyla tohuma GA<sub>3</sub>, 4 °C'de 15 gün bekletme, 4 °C'de 30 gün bekletme, 4 °C'de 15 gün bekletme+GA<sub>3</sub>, 4 °C'de 30 gün bekletme+GA<sub>3</sub>, ıslatma, ıslatma+GA<sub>3</sub> uygulamıştır. Araştırmada kontrol olarak hiçbir uygulama yapılmadan doğrudan tohum ekimi yapılmıştır. Deneme parsellerine dekara saf olarak 6 kg azot (%46 üre formunda) ve 4-6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> formunda) gübrelemesi yapılmıştır (Baydar, 2013). Azotun yarısı ve fosforun tamamı ekimle birlikte, azotun diğer yarısı ise bitkiler dallanmaya başladıklarında üst gübre olarak verilmiştir. Deneme alanında bitki çıkış sonrası ve çiçeklenme dönemi öncesi olmak üzere iki defa sulama yapılmış, çıkış sonrasında seyreltme ve yabancı ot kontrolü yapılmıştır.

Her bir parselin kenar tesirleri atıldıktan sonra kalan 2 sıra, 15 Ağustos 2021'de hasat edilmiş, çuvallar içerisinde bir hafta kurutulduktan sonra taneler elle bitkilerden ayrılmıştır. Parselden rastgele seçilen 10 bitkide; bitki boyu (cm), bitki başına ana dal sayısı (adet/bitki), bitki başına yan dal sayısı (adet/bitki), bitki başına kapsül sayısı (adet/bitki), 1000 tane ağırlığı (g), tohum verimi (kg/da), uçucu yağ oranı (%), sabit yağ oranı (%) ve çimlenme oranı (%) belirlenmiştir. Elde edilen verilerin varyans analizleri

SAS istatistik paket programından faydalanılarak yapılmış ve ortalamaların karşılaştırmalarında LSD testi uygulanmıştır.

Çizelge 1. Deneme yılına ve uzun yıllara ait iklim verileri  
Table 1. Climatic data for the trial year and long years

İklim Faktörleri	Yıl	Aylar					Ort./ Top.	
		Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.		Ağus.
Ortalama Sic. (°C)	2021	6.0	12.1	19.6	19.9	26.3	26.8	18.4
	Uzun yıllar	7.4	11.7	16.8	21.4	25.3	25.1	17.9
Yağış (mm)	2021	59.0	7.4	6.0	96.8	3.4	0.0	172.6
	Uzun yıllar	46.1	47.5	47.4	32.8	17.9	12.4	204.1

Çizelge 2. Deneme alanı toprağının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 2. The results of the physical and chemical analysis of the soil of the trial area

Tekstür	O.M (%)	EC (dS/m)	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)
Kumlu-tınlı	2.95	0.02	7.5	5.75

## 3. Bulgular ve Tartışma

Çörekotunda ekim öncesi tohuma uygulanan bazı ön işlemlerin tarımsal özellikler üzerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Araştırmada; tohum ön uygulamaları arasında bitki boyu, yan dal sayısı, kapsül sayısı, tohum verimi, 1000 tane ağırlığı, uçucu yağ oranı ve çimlenme oranı arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli, ana dal sayısı ve sabit yağ oranı arasındaki farklar önemli olmamıştır (Çizelge 3). Araştırmada; en yüksek bitki boyu ıslatma+GA<sub>3</sub> (81.96 cm) ve bunu 30 gün 4 °C+GA<sub>3</sub> (80.40 cm) takip etmiş, en düşük 15 gün 4 °C (71.36 cm) ve 15 gün 4 °C+GA<sub>3</sub> (72.06 cm) uygulamalarından elde edilmiştir. Bitkilerin GA<sub>3</sub> ile muamele edilmesi sonucunda bitki boyunda artış olduğu (Hartmann vd., 1990), bu artışın giberellik asidin hücre bölünmesini uyararak ve hücre duvarlarındaki plastidleri arttırarak büyümeyi teşvik ettiği, karbonhidratları şekere dönüştürme ve hücre duvarındaki basıncı azaltıcı etki gösterdiği ve böylece hücre ekspansin selüloz mikrofibrilleri arasındaki bağların içerisine su alınarak hücre uzamasının meydana gelmesinden (Arteca, 1996, Endes, 2018) kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırma sonucuna benzer şekilde Erdemli & Kaya (2015) ayçiçeğinde artan GA<sub>3</sub> dozlarının bitki boyunu arttırdığını ve en uzun 400 ppm dozunda belirlendiğini bildirmişlerdir. Sarıhan (2004), haşhaşa en yüksek bitki boyunun birinci yıl 200 ppm, ikinci yıl 400 ppm ve üçüncü yıl 50 ppm GA<sub>3</sub> dozunda tespit edildiğini bildirmiştir. Kırıcı (1998) asperde bitki boyu, dal sayısı ve tabla sayısı üzerine genellikle GA<sub>3</sub> uygulamalarının olumlu etkisi olduğunu bildirmiştir.

Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında ana dal sayısı birbirine yakın bulunurken, en düşük kontrol (8.1 adet/bitki) ve en yüksek 30 gün 4 °C+GA<sub>3</sub> (9.1 adet/bitki) kombinasyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 3). Çörekotunda bitkide ana dal sayısına uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemsiz olsada, GA<sub>3</sub>'ün kombinasyona girdiği uygulamaların etkisinin azda olsa artış yönünde pozitif etki gösterdiği belirlenmiştir. GA<sub>3</sub>'ün bitki boyunda uzamaya neden olduğu ve dal sayının boya bağlı olarak arttığı düşünülmektedir.

Araştırmada elde edilen yan dal sayısında uygulamalar arasında farklılıklar belirlenmiş buna göre; 19.33 adet/bitki ile 27.33 adet/bitki arasında değişmiştir. En yüksek yan dal sayısı İslatma+GA<sub>3</sub> ve en düşük kontrolden elde edilmiştir. Çörekotunda tüm uygulamalarda yan dal sayısı kontrole göre yüksek olmuştur (Çizelge 3).

Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında kapsül sayısı değerleri farklılık göstermiş en düşük 28.60 adet/bitki ile kontrol, en yüksek 36.16 adet/bitki ıslatma+GA<sub>3</sub> uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmada tüm uygulamaların kontrole karşılaştırıldığında kapsül sayısını arttırdığı ve GA<sub>3</sub>'ün içinde bulunduğu kombinasyonların daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yalın priming uygulamalarının kapsül sayısına etkisi daha düşük olmuştur (Çizelge 3). Araştırmada ıslatma+GA<sub>3</sub> uygulamasının bitki boyuna etkisinin yüksek olması, bu uygulamaların yan dalların oluşumunu teşvik etmesi ve yan dallara bağlı olarak kapsül sayısı artışını sağlamış olabilir. Çörekotunda kapsül sayısı dallanma ile doğru orantılıdır. Ana ve yan dal sayısı arttıkça kapsül sayısı da artış göstermektedir. Kırıcı (1998) aspirde düşük dozlarda GA<sub>3</sub> uygulamasının bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı ve çiçek verimini arttırdığını bildirmiştir.

Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında 1000 tane ağırlığı önemli bulunmuş ve 2.26-2.66 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek 1000 tane ağırlığı GA<sub>3</sub> uygulamasından, en düşük kontrolden elde edilmiştir (Çizelge 3). Araştırmada tüm uygulamalar, kontrole göre 1000 tane ağırlığını artmıştır. Azizi vd. (2012) soyada gibberellik asidin farklı konsantrasyonlarının bitki başına meyve sayısı, meyvedeki tohum sayısı, 1000 tane ağırlığı ve biyolojik verim üzerine önemli etkileri olduğunu bildirmişlerdir.

Çörekotunda tohum verimi 65.11-96.53 kg/da arasında değişmiş, en yüksek tohum verimi ıslatma+GA<sub>3</sub> uygulamasından ve en düşük tohum verimi ise 15 gün 4

°C+GA<sub>3</sub> uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmada kontrole göre tüm tohum ön uygulamalarında tohum verimi yüksek bulunmuştur. Uygulamalar kendi aralarında karşılaştırıldığında en düşük tane verimi 15 gün 4 °C + GA<sub>3</sub> uygulamasında çıkmış ancak diğer tohum ön uygulamaları ile kombinasyonlarına bakıldığında işlemlerin genel olarak daha etkili olduğu gözlenmiştir. Özellikle ıslatma+GA<sub>3</sub> uygulamaları oldukça yüksek tohum verimine sahip olmuştur (Çizelge 3). İslatma+GA<sub>3</sub> uygulamasında ıslatmayla birlikte GA<sub>3</sub>'ün tohuma daha iyi nüfus ettiği, bu durumun yan dal ve kapsül sayısındaki artış desteklenmesine bağlı olarak tohum verimi de yüksek olmuştur. Bunun yanında GA<sub>3</sub>'ün birçok bitkide fotosentezi uyarıcı etki gösterdiği belirtilmektedir (Dong, & Arteca, 1982). Bu nedenle verime pozitif etki yaptığı düşünülmektedir. Shah (2007), çörekotunda 10<sup>-5</sup>M GA<sub>3</sub> konsantrasyonunda 10 saat bekletilen tohumların net fotosentez oranı %44, karbonik anhidraz aktivitesi %40, nitrat redüktaz aktivitesi %30 ve tohum verimi %40 arttırdığını bildirmişlerdir. Aftab vd. (2010), pelin otunda (*Artemisia annua* L.) triakontanol ve gibberellik asit kombinasyonunun (1.5 mg/l+7.5 mg/l) nitrat redüktaz aktivitesini %25.9, karbonik anhidraz aktivitesini %21.5 arttırdığını, net fotosentez oranı %25.4, stoma iletkenliği %14.1 ve internal CO<sub>2</sub> %15.4 daha yüksek elde edildiğini bildirmişlerdir. Sarıhan (2004), haşhaşa gibberellik asit dozları ve uygulama zamanlarının birçok karakter üzerine etkisinin önemli bulunduğunu, kapsül ve tohum verimini arttırdığını, çiçek tozu canlılığını azalttığını bildirmiştir. Sarkar vd. (2002) soya fasülyesinde 100 ppm GA<sub>3</sub> uygulamasının, bitki boyu, dal sayısı, yaprak sayısı, bitki başına yaprak alanında, çiçek sayısı, bitkide bakla sayısı, bakla dolmuş yüzdesi, bitkide tane sayısı, bitkide tohum verimi, 100 tane ağırlığı ve tane verimini arttırmada düzenleyici etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 3. Çörekotunda ekim öncesi tohuma uygulanan bazı ön işlemlerin bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi

Table 3. The effect on some the agricultural characteristics of some pre-treatments applied to the seed before sowing in the black cumin

Tohum ön uygulamaları	Bitki Boyu (cm)	Ana dal sayısı (adet/bitki)	Yan dal sayısı (adet/bitki)	Kapsül sayısı (adet/bitki)	1000 tane ağırlığı (g)	Tohum verimi (kg/da)
Kontrol	74.46 bc	8.1	19.33 c	28.60 c	2.26 c	73.65 d
GA <sub>3</sub>	73.33 bc	8.5	23.33 b	31.46 bc	2.66 a	74.94 cd
15 gün 4 °C	72.06 c	8.7	25.60 ab	33.33 ab	2.41 bc	79.33 c
30 gün 4 °C	72.40 bc	8.2	23.33 b	35.00 ab	2.42 bc	75.31 cd
15 gün 4 °C+GA <sub>3</sub>	71.36 c	8.7	24.33 ab	35.93 a	2.53 ab	65.11 e
30 gün 4 °C+GA <sub>3</sub>	80.40 a	9.1	24.66 ab	35.50 ab	2.50 ab	77.51 cd
İslatma	77.33 ab	8.8	25.33 ab	32.60 ab	2.52 ab	85.09 b
İslatma+GA <sub>3</sub>	81.96 a	9.0	27.33 a	36.16 a	2.54 ab	96.53 a
F değeri	3.00**	0.85 <sup>ö.d</sup>	6.58**	6.76**	5.56**	50.35**
LSD değeri	4.92	-	3.84	4.24	0.20	5.47
CV (%)	2.68	7.53	6.55	5.20	3.49	2.87

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. ö.d: Önemli değil

Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında en yüksek uçucu yağ oranı %0.71 ile 15 gün 4 °C+GA<sub>3</sub> uygulamasından ve en düşük %0.41 ile kontrolden elde

edilmiştir. Uçucu yağ oranı bakımından GA<sub>3</sub>'ün içinde bulunduğu kombinasyonlar daha yüksek uçucu yağ orana sahip olmuştur (Çizelge 4). Baydar & Erdal (2004), İzmir

kekiğine uygulanan bitki büyüme düzenleyicilerinin kekiğin yağ içeriği, yağda karvakrol ve timol içeriği, besin elementlerinden K, Ca, Na, P, Fe ve Cu içeriği üzerine etkisinin önemli bulunduğunu, uçucu yağ oranını en yüksek BAP (%3.1) uygulamasından, en düşük IAA (%2.6) uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Geren vd. (1997) çörekotunun uçucu yağ oranını %0.67-0.68, Burits & Bucar (2000) % 0.41-0.44, D'Antuono vd. (2001) %0.28- 0.5, Moretti vd. (2004), %0.21-0.39, Tonçer & Kızıl (2004) ve Tektaş (2015) %0.08-0.20 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çörekotunda uçucu yağ oranı genotipe, ekolojik koşullara ve kültürel uygulamalara bağlı olarak farklılık gösterebilir (Özel vd., 2009).

Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında sabit yağ oranı en yüksek %34.63 ile 30 gün 4°C ve 15 gün 4°C+GA<sub>3</sub> uygulamalarından, en düşük %32.60 ile kontrolden elde edilmiştir. Çörekotun da genel olarak tohum ön uygulamaları kontrole göre az da olsa artış göstermiştir. Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında sabit yağ oranı en yüksek %33.46 ile 30 gün 4°C ve 15 gün 4°C+GA<sub>3</sub> uygulamalarından, en düşük %32.93 ile kontrolden elde edilmiştir. Çörekotun da tüm tohum ön uygulamaları kontrole göre çok az da olsa artış göstermiştir (Çizelge 4). Çörekotunun sabit yağ oranının Kalçın (2003) %28.08-34.29, Ashraf vd. (2006) %32.41, Al-Naqeeb vd. (2009) %32-48, Beyzi (2018) %30.90, Tektaş (2015) %27.90-41.20, Kılıç & Arabacı (2016) %38.17 ve Bayhan (2019), %21.75-29.74 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çörekotu tohumunun sabit yağ verimine lokasyon, çevre ve genotip, hasat zamanı, yağ işleme (Ashraf vd., 2006; Gharby, 2015), gübre uygulamaları, yetiştirme teknikleri ve sulamanın (Sağlam, 2018) etkili olduğu bildirilmiştir.

Çörekotunda ekim öncesi tohuma ön uygulamalar arasında çimlenme oranı en yüksek %90.67 ile ıslatma +GA<sub>3</sub> ve en düşük %28.33 ile kontrolden elde edilmiştir. Tüm tohum ön uygulamaları kontrole göre çimlenme oranını arttırmıştır (Çizelge 4.). Gibberellinler genellikle doğrudan tohumlara uygulanmakta ve çimlenmeyi arttırmaktadırlar. Tohumlara gibberellin uygulaması, α-amilaz gibi bir takım hidrolaz enzimlerinin üretimini de teşvik etmektedir (Taiz & Zeiger, 1991). Araştırmada GA<sub>3</sub>'ün ıslatmayla birlikte uygulanmasında GA<sub>3</sub>'ün tohuma daha iyi nüfuz etmesini sağlayarak çimlendirmeyi hızlandırdığı düşünülmektedir. Araştırma bulgularına benzer olarak Ghiyasi vd. (2014) çörekotu tohumunda hardning ve hidropriming (tohum banyosu ve ıslatma yöntemi) uyguladıkları çalışmada, hidro priming çimlenme ve fide gelişmesine daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Pallavi vd. (2010), ayçiçeğinde 24 saat su uygulamasında %82 ile maksimum çimlenme elde edildiğini, 80°C'de 10 dk. kurutmada %81, 100 ppm GA<sub>3</sub> uygulamasında ise maksimum fide gücü indeksi (908) gösterdiğini belirtmişlerdir. Moghanibashi vd. (2012), ayçiçeği tohumlarında 24 saat hidrasyon uygulamasının çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, kök ve sürgün uzunluğu, kök ve sürgün ağırlığı değerlerini arttırdığını, fakat artan tuzluluk ve kuraklık şartlarında bu değerlerin tamamının azaldığını bildirmişlerdir. Abido vd. (2019), Buğdayda 150 ppm GA<sub>3</sub> uygulamasının çimlenme

karakterlerini ve fide özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Çörekotunda ekim öncesi tohuma uygulanan bazı ön işlemlerin uçucu yağ, sabit yağ ve çimlenme oranına etkisi

Table 4. The effect on essential oil, fixed oil and germination rate of some pre-treatments applied to the seed before sowing in the black cumin

Tohum ön uygulamaları	Uçucu yağ oranı (%)	Sabit yağ oranı (%)	Çimlenme oranı (%)
Kontrol	0.41 c	32.93	28.33 b
GA <sub>3</sub>	0.56 b	33.66	45.33 b
15 gün 4 °C	0.55 b	32.60	31.00 b
30 gün 4 °C	0.55 b	33.46	39.33 b
15 gün 4 °C+GA <sub>3</sub>	0.71 a	33.46	54.33 ab
30 gün 4 °C+GA <sub>3</sub>	0.68 a	33.16	65.00 ab
Islatma	0.58 b	33.73	61.33 ab
Islatma+GA <sub>3</sub>	0.63 ab	34.63	90.67 a
F değeri	16.57**	0.35 <sup>ö.d</sup>	4.99**
LSD değeri	0.09	-	38.79
CV (%)	6.72	5.29	3.73

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. ö.d: Önemli değil

#### 4. Sonuç

Çörekotunda ekim öncesi tohuma uygulanan bazı ön işlemlerin verim ve kalite üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen araştırmada elde edilen verilere göre; bitki boyu, yan dal sayısı, kapsül sayısı, tohum verimi, 1000 tane ağırlığı, uçucu yağ oranı ve çimlenme oranı arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olurken, ana dal sayısı ve sabit yağ oranı arasındaki farklar önemli olmamıştır. Çörekotunda bitki boyu 72.06-81.96 cm, toplam dal sayısı 8.1-9.0 adet/bitki, yan dal sayısı 19.33-27.33 adet/bitki, toplam kapsül sayısı 28.60-36.16 adet/bitki, tohum verimi 65.11-96.53 kg/da, 1000 tane ağırlığı 2.26-2.66 g, uçucu yağ oranı % 0.41-0.71, sabit yağ oranı % 32.93-33.46 ve çimlenme oranı %28.33-90.67 arasında değişmiştir. Genel olarak incelenen özellikler bakımından GA<sub>3</sub>'ün içinde bulunduğu kombinasyonlardan daha yüksek değerler elde edilmiştir. En yüksek tohum verimi, sabit yağ oranı ve çimlenme oranı ıslatma+GA<sub>3</sub> kombinasyonundan elde edilmiş ve önerilebilir olarak belirlenmiştir.

#### 5. Bilgilendirme

Bu araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde sunulan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

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

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** Araştırmanın planlanması, istatistik analizi ve yazım aşamaları N.D ve N.K, arazi aşamasının ise N.D tarafından yürütüldüğünü beyan ederler.



## 6. Kaynaklar

- Abido, W. A. E., Allem, A., & Zsombic, L. (2019). Effect of gibberellic acid on germination of six wheat cultivars under salinity stress levels. *Asian Journal of Biological Sciences*, 12(1), 51- 60.
- Aftab, T., Khan, M. A., Idrees, M., Naeem, M., Singh, M., & Ram, M. (2010). Stimulation of crop productivity, photosynthesis and artemisinin production in *Artemisia annua* L. by triacontanol and gibberellic acid application. *Journal of Plant Interactions*, 5(4), 273-281. <https://doi.org/10.1080/17429141003647137>
- Al-Neqeeb, G., İsmail, M., & Al-Zubairi, A. (2009). Fatty acid profile, alphatocopherol content and total antioxidant activity of oil extracted from *Nigella sativa* seeds. *International Journal of Pharmacology*, 5(4), 244- 250.
- Altuner, F., Oral, E., Tunçtürk, R., & Baran, İ. (2019). Gibberellik asit ön uygulamasına tabi tutulmuş *Triticosecale Wittmack*'de tuz (NaCl) stresinin çimlenme üzerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(Ek Sayı 2), 235-242.
- Arteca R. N. (1996). *Plant Growth Substances Principles and Applications. Chapter 3: Chemistry, Biological Effects and Mechanism of Action*, New York, Chapman & Hall.
- Ashraf, M., Ali, Q., & Iqbal Z. (2006). Effect of nitrogen application rate on the content composition of oil, essential oil and minerals in black cummin (*Nigella sativa* L.) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 871-876.
- Azizi, K., Moradii, J., Heidari, S., Khalili, A., & Feizian, M. (2012). Effect of different concentrations of gibberellic acid on seed yield and yield components of soybean genotypes in summer intercropping. *International Journal of Agricultural Science*, 2(4), 291-301.
- Baydar, H. (2013). Tıbbi, aromatik ve keyf bitkileri bilimi ve teknolojisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51, 157-157.
- Baydar, H., & Erdal, İ. (2004). Bitki büyüme düzenleyicilerinin İzmir kekiğinin (*Origanum onites* L.) yaprak kalitesine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1) 9-13.
- Bayhan, A. (2019). *Samsun Şartlarında Farklı Ekim Zamanlarının Çörekotunun (Nigella Sativa) Bazı Tarımsal ve Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Baytop, T. (1984). *Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün)*. İstanbul, Sanal Matbaacılık.
- Bezyi, E. (2018). Çörekotu bitkisinin (*Nigella sativa* L.) Kayseri ekolojik koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(14), 245-248. <https://doi.org/10.31590/ejosat.460911>
- Burits, M., & Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Karl-Franzens University of Graz Austria Phytotherapy Research*, 74(8), 323-328.
- D'Antuono, L. F., Moretti, A., & Lovato, A. F. (2002). Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial Crops and Products*, 15(1), 59-69. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00096-6](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00096-6)
- Dong, C. N., & Artca, R. N. (1982). Changes in photosynthetic rates and growth following root treatments of tomato plants with phytohormones. *Photosynthesis Research*, 3(1), 45-52. <https://doi.org/10.1007/BF00030048>
- Duman, İ., & Gökçöl, A. (2018). Ekim öncesi tohum uygulamaları: "Priming". *Türktob Dergisi*, 26, 4-7.
- Endes, Z. (2018). Bazı tohum ön uygulamalarının iki farklı Çörekotu türüne ait (*Nigella sativa* L. ve *Nigella damascena* L.) tohumların çimlenme ve çıkış performansı üzerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(1), 29-37.
- Erdemli, H., & Kaya, M. D. (2015). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nde gibberellik asit dozlarının verim ve abiyotik stres koşullarında çimlenme üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 38-46.
- Faydacı, A. (2019). *Isparta Koşullarında Çörek Otu (Nigella sativa L.) Genotiplerinin Fenolojik Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Geren, H., Bayram, E., & Ceylan, A. (1997). Çörekotu (*Nigella sativa* L.)'nda Farklı Ekim Zamanlarının ve Fosfor Gübresi Uygulamasının Verim ve Kaliteye Etkisi. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*. 22-25 Eylül, Samsun, 376-380.
- Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Roudani, A., Boulbaroud, S., Ibrahim, M., Ahmad, M., Sultana, S., Hadda, T. B., Moussaoui, I. C., & Charraouf, Z. (2015). Chemical investigation of *Nigella sativa* L. seed oil produced in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(2), 172-177. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.12.001>
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., Danesh, Y. D., & Najafi, S. (2014). Çörekotu Tohumu Üzerine Ekimden Önce Uygulanan Hardning ve Hidropriming'in Çimlenme İndekslerine Olan Etkisi. *Türkiye 5. Uluslararası Katılımlı Tohumculuk Kongresi*. 19-23 Ekim, Diyarbakır, 485-489.
- Güzelsöy, P., Aydın, S., & Başaran, N. (2018). Çörekotunun (*Nigella Sativa* L.) aktif bileşeni timokinonun insan sağlığı üzerine olası etkileri. *Literatür Eczacılık Bilimleri Dergisi*, 7(2), 118-135. <https://doi.org/10.5336/pharmsci.2018-59816>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., & Davies Jr, F. T. (1990). *Plant Propagation Principles and Practices*. Prentice Hall, Eaglewood Cliffs.
- Kalçın, F. T. (2003). *İki Çörekotu Türünde (Nigella sativa L., Nigella damascena L.) Ekim Sıklıklarının Verim ve Verim Ögelerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karakurt, H., Aslantaş, R., & Eşitken, A. (2010). Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerinde etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-128.
- Kılıç, C., & Arabacı, O. (2016). Çörekotu (*Nigella sativa* L.)'nda farklı ekim zamanı ve tohumluk miktarının verim ve kaliteye etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 49-56.
- Kırıcı, S. (1998). İki aspir çeşidinde gibberellik asitin agronomik özellikler ve çiçek verimi ile boyar madde oranına etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 12-29.
- Moghanibashi, M., Karimmojeni, H., Nikneshan, P., & Behrozi, D. (2012). Effect of hydropriming on seed germination indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under salt and drought conditions. *Plant Knowledge Journal*, 1(1), 10-15.
- Moretti, A., D'Antuono, L. F., & Elementi, S. (2004). Essential oils of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. seed. *Journal of Essential Oil Research*, 16(3), 182-183. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698690>
- Muhyaddin, T., & Wiebe, H. J. (1989). Effect of seed treatments with polyethylene glycol (PEG) on emergence of vegetable crops. *Seed Science Technology*, 17(1), 49-56.
- Özel, A., Demirel, U., Güler, İ., & Erden, K. (2009). Farklı sıra aralığı ve tohumluk miktarlarının çörekotunda (*Nigella sativa* L.) verim ve bazı tarımsal karakterlere etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 17-25.
- Pallavi, H. M., Gowda, R., Shadakshari, Y. G., & Vishwanath, K. (2010). Study on occurrence and removal of dormancy in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Research Journal of Agricultural Sciences*, 1(4), 341-344.
- Riaz, M., Syed, M., & Chaudhary, F. M. (1996). Chemistry of the medicinal plants of the genus *Nigella*. *Hamdard Medicus*, 39, 40-50.
- Sağlam, T. (2018). *Çörekotu (Nigella sativa L.) Bitkisinin Verim ve Kalitesine Azot ve Potasyum Uygulamalarının Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sarıhan, E. (2004). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Bitkisinin Verimi ve Bazı Özellikleri Üzerine Gibberellik Asidin (GA<sub>3</sub>) Farklı Doz ve Uygulama Zamanlarının Etkisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sarkar, P. K., Haque, S., & Karim, M. A. (2002). Effect of GA<sub>3</sub> and IAA and their frequency of application on morphology, yield contributing characters and yield of soybean. *Pakistan Journal of Agronomy*, 1(4), 119-122.
- Shah, S. H. (2007). Physiological effects of pre-sowing seed treatment with gibberellic acid on *Nigella sativa* L. *ActaBot. Croat*, 66(1), 67-73.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (1991). *Plant physiology: Mineral nutrition*. Redwood City, The Benjamin Cummings Publishing Co. Inc.
- Tektaş, E. (2015). *Harran Ovası Koşullarında Birim Alandaki Tohum Sayısının Çörekotu (Nigella sativa L.)'nun Verim ve Bazı Bitkisel Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tonçer, Ö., & Kızıl, S. (2004). Effect of seed rate on agronomic and technologic characters of *Nigella sativa* L.. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(3), 529-532.
- Turner, R. J. (2004). *Botanica*. Kóneman.
- TÜİK (2022). *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

- Ulus, F., & Şahin, A. (2020). *Nigella damascena* L. bitkisinde farklı gübre uygulamalarının fenolojik özellikler üzerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 171-178. <https://doi.org/10.31590/ejosat.677606>
- Ürüşan, Z. (2016). *Bazı çörek otu (Nigella sativa L., Nigella damascena) Genotiplerinde Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Bursa Koşullarında İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* L.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi

Bariş Çetin<sup>1\*</sup>, Mevlüt Türk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: barisscetin16@gmail.com

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 10/03/2023

Kabul tarihi: 12/05/2023

**Anahtar Kelimeler:** Asit deterjan fiber (ADF), Çeşit, Ham protein oranı, İtalyan çimi, Kuru ot verimi

DOI: 10.55979/tjse.1263036

#### ÖZET

Araştırma, bazı İtalyan çimi çeşitlerinin ot verimi ve kalitesini belirlemek amacıyla, 2021-2022 yetiştirme sezonunda Bursa ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada, 10 adet İtalyan çimi çeşidi (Medoacus, İlk Adım, Rambo, Trinova, Baqueno, Rihanna, Idefix, Caramba, Hellen, Obelix) kullanılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada bitki boyu, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, ADF ve NDF oranları belirlenmiştir. Bitki boyu ve NDF oranı hariç, araştırmada incelenen tüm parametreler bakımından çeşitler arasında istatistiki anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek kuru ot verimi ve ham protein verimi Baqueno ve Obelix, en yüksek ham protein oranı Hellen ve Caramba, en düşük ADF oranı ise Obelix çeşidinden elde edilmiştir. Verim ve kalite birlikte değerlendirildiğinde, Bursa ili iklim ve toprak koşullarında Baqueno ve Obelix çeşitlerinin diğer çeşitlere göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir.

### Determination of Forage Yield and Quality of Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) Varieties in Bursa Conditions

#### ARTICLE INFO

Received: 10/03/2023

Accepted: 12/05/2023

**Keywords:** Acid Detergent Fiber (ADF), Variety, Crude protein ratio, Ryegrass, Hay yield

DOI: 10.55979/tjse.1263036

#### ABSTRACT

The research was carried out in Bursa ecological conditions in order to determine forage yield and quality of some ryegrass varieties in 2021-2022 growing season. In the research, 10 ryegrass varieties (Medoacus, İlk Adım, Rambo, Trinova, Baqueno, Rihanna, Idefix, Caramba, Hellen, Obelix) were used as plant material. The experiment was carried out according to the randomized block design with three replications. In the study, plant height, hay yield, crude protein ratio, crude protein yield, ADF and NDF ratios were determined. Except plant height and NDF ratio, in terms of all parameters examined in the study, statistically significant differences were determined between varieties. According to the results of research, the highest hay yield and crude protein yield were obtained from Baqueno and Obelix, the highest crude protein ratio was obtained from Hellen and Caramba, and the lowest ADF ratio was obtained from Obelix variety. When yield and quality are evaluated together, it has been determined that Baqueno and Obelix varieties are superior to other varieties in Bursa province climate and soil conditions.

#### 1. Giriş

Ülkemiz hayvancılığının başlıca sorunlarından biri olan kaba yem açığı son yıllarda gıda güvenliğimizi tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle farklı coğrafi bölgelerimizin ekolojik şartlarına uygun yem bitkisi tür ve çeşitlerinin belirlenmesi ve ivedilikle daha yüksek performansla sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesi zorunluluğu vardır. Yıllık çim (*Lolium multiflorum* L.) dünyanın ılıman bölgelerinde kaba yem (yeşil ot, kuru ot veya silaj) üretimi amacıyla en yaygın olarak yetiştirilen buğdaygıl yem bitkilerinin başında yer alan bir türdür. Sağladığı avantaj ve faydalar nedeniyle yıllık çim son yıllarda ülkemizde de yaygınlaşmaya başlamış ve süt otu ya da ryegrass adı ile üreticilerimiz tarafından en çok aranan buğdaygıl yem bitkisi türlerinden birisi haline gelmiştir. İtalyan çimi *Poales* takımının *Poaceae* familyasına ait *lolium* cinsi taksonomisine sahip bitki, tarla özellikleri yönünden çabuk gelişmesi, bolca yeşil ot üretilmesi ve sulanan arazilerde gübrelemeye pozitif eldeler vermesi ve çok yıllık olmaması sebebiyle ekim

nöbetine girerek üretimi hızla artma potansiyeli olan bir yem bitkisidir.

Üretimi yapılan bitkilerin; kullanılan çeşitler, rakım, toprak istekleri, iklim, ekim zamanı, ekim sıklığı, sulama, biçim dönemi, adaptasyon vb. faktörlerin bilinçsiz kullanılmasından ötürü adaptasyon ve kalitede ciddi sorunlar meydana gelmektedir. Avrupa kıtasının güney kısımlarından dünyaya yayılan İtalyan çiminde, uygun çeşit veya çeşitlerin tespit edilmesi, verim ve kalitede meydana gelebilecek muhtemel kayıpları en aza indirecektir. Ülkemizde son dönemde bu bitki türünün üretilmesi, yem bitkilerinin üretimini artırmak amacıyla devlet tarafından sağlanan tarımsal teşviklerle birlikte üreticilerin yeni gözdesi olmaya başlamıştır (Baytekin vd., 2009). Bu çalışmanın amacı; bazı İtalyan çimi çeşitlerinin ot verimi ve kalite bakımından Bursa şartlarındaki performanslarının belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, Bursa ili Yenişehir ilçesi Yolören köyünde 2021-2022 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Araştırmada özel sektörden temin edilen 10 adet İtalyan çimi çeşidi (Medoacus, İlk Adım, Rambo, Trinova, Baqueno, Rihanna, Idefix, Caramba, Hellen, Obelix) kullanılmıştır. Deneme 8 Kasım 2021 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemenin yürütüldüğü yetiştirme döneminde (Kasım-Mayıs) yağış değerleri 261.1 mm, sıcaklık değerleri 9.34 °C, nispi nem değerleri ise %66.34 ile uzun yıllar ortalamalarından (507.3 mm, 9.96 °C, %72.11) daha düşük bulunmuştur. Deneme alanı toprağı hafif alkali, elverişli fosfor ve potasyum yönünden yüksek, organik madde bakımından ise fakirdir.

Her parsel sıra arası 30 cm olan 6 sıradan oluşmuş, parsel uzunluğu 5 m, parsel eni 1.8 m olarak ayarlanmış, parseller ve bloklar arasında 1'er metre boşluk bırakılmıştır. Ekimden önce deneme alanına sırasıyla pulluk, diskaro, tırmık çekilmiş olup, ekimden sonra merdane ile toprak bastırılmıştır. Ekim normu 5 kg/da olarak ayarlanmış, ekimle birlikte dekara 5 kg saf azot ve 5 kg saf fosfor olacak şekilde gübreleme yapılmış, bitkilerin sapa kalkma döneminde 10 kg saf azot uygulanmıştır.

Bitkiler çiçeklenme döneminde orakla biçilmiş olup, tek biçim yapılmıştır. Biçim yapılırken her parselin kenarlarından birer sıra, parsel başı ve sonundan 50'şer cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak değerlendirme dışı bırakılmış, geriye kalan kısım biçilip tartılmış oranlanmak suretiyle yeşil ot verimi tespit edilmiştir. Her parselden biçilen yeşil otların arasından tesadüfen alınan 500 gramlık

yeşil ot örnekleri, kurutma dolabında 48 saat boyunca 70°C'de materyaller sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve 1 g hassasiyetli terazide tartılarak kuru ot ağırlıkları belirlenmiştir. Parsel bazında saptanan kuru ot oranlarının parsellerin yeşil ot verimi değerleri ile çarpılması sonucunda dekara kuru ot verimi değerleri elde edilmiştir. Parsellerden alınan örnekler kurutulduktan sonra öğütülmüş örnekler üzerinden Kjeldahl yöntemine göre azot tayini yapılmış, elde edilen oranlar 6.25 katsayısıyla çarpılarak ham protein oranları % olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008), Her bir parsel için elde edilen ham protein oranı ile kuru ot verimlerinin çarpımı sonucu ham protein verimleri elde edilmiş, parsellerden alınmış ve öğütülmüş numuneler üzerinden yapılmış olan analizlerle ADF ve NDF oranları Fiber Analyser cihazı kullanılarak ANKOM'un bildirdiği metoda göre yapılmıştır (ANKOM, 2020).

Araştırmadan elde edilen tüm veriler SAS istatistik paket programında "Tesadüf Blokları Deneme Desenine" uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucunda istatistiki açıdan önemli farklılıkların bulunduğu ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testinden yararlanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçlarına göre, çeşitler arasında kuru ot verimi, ham protein oranı ve ham protein verimleri bakımından %1, ADF oranları bakımından %5 düzeyinde önemli farklılıklar çıkarken, bitki boyu ve NDF oranı bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar çıkmamıştır (Çizelge 1).

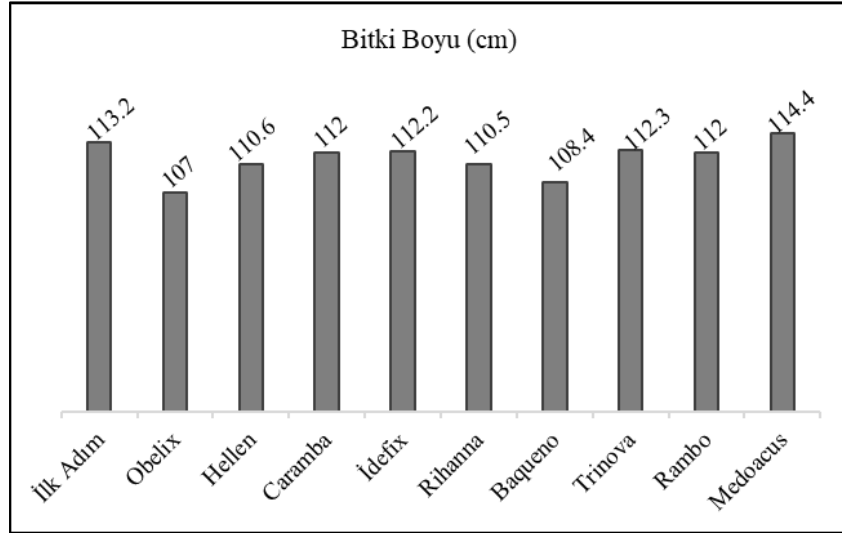
Çizelge 1. Varyans analizi sonuçları  
Table 1. Results of variance analysis

Varyasyon kaynakları	SD	Bitki Boyu	Kuru Ot Verimi	Ham Protein Verimi	Ham Protein Oranı	ADF	NDF
Blok	2	80.54	19301	0.99	90.8	0.30	0.85
Çeşit	9	14.61 <sup>öd</sup>	337084**	4.38**	4061.3**	4.75*	8.45 <sup>öd</sup>
Hata	18	11.86	20182	0.77	632.9	1.91	3.61

\*P < 0.05, \*\*P < 0.01, öd:Önemli değil, SD:Serbestlik derecesi, ADF:Acid Detergent Fiber, NDF:Nötral Detergent Fiber

Bitki boyu değerleri çeşitlere göre 107.0 cm ile 114.4 cm arasında değişmiş, aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 1). Ülkemizin birçok bölgesinde İtalyan çimi ile ilgili çalışmalar yapılmış ve bitki boyu ile ilgili farklı değerler elde edilmiştir. İtalyan çiminde bitki boyunu Pişkin (2007) Aksaray'da 40.6-47.5 cm, Aktar (2019) Şanlıurfa'da 48.7-65.7 cm, Lale (2020)

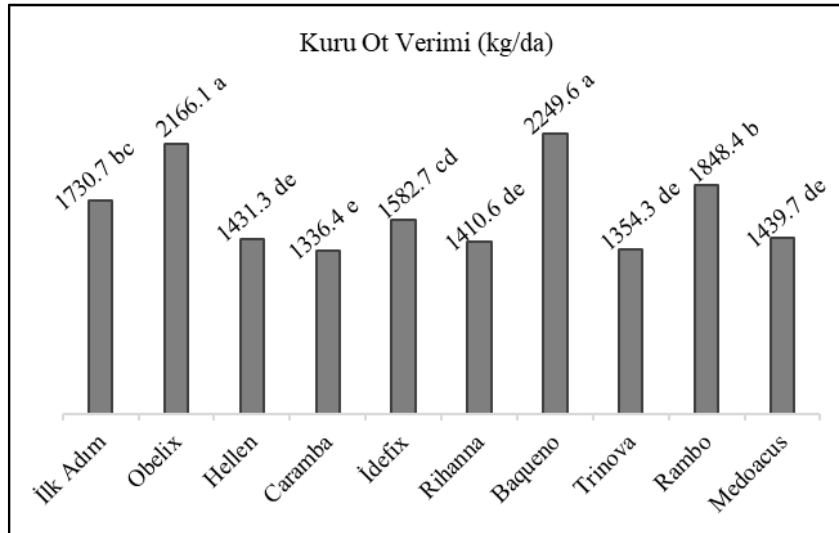
Bingöl'de 72.90-82.67 cm, Pak (2019) Isparta'da 83.1-97.8 cm, Parlak (2005) Çukurova'da 95.6 cm, Altın vd. (1994) Tekirdağ'da 105.0 cm, Acar vd. (2022) Bucak'ta 100.0-107.3 cm, Dinç (1995) Tekirdağ'da 113.3-129.3 cm olarak tespit etmişlerdir. Bu değerlerin bazıları mevcut çalışmada elde edilen değerlerle benzerlik gösterirken, bazıları farklılık göstermiştir.



Şekil 1. İtalyan çimi çeşitlerinde tespit edilen ortalama bitki boyu değerleri  
Figure 1. Average plant height values determined in Ryegrass Cultivars

Kuru ot verimi bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiş, en yüksek kuru ot verimi 2 249.6 ve 2 166.1 kg/da ile Baqueno ve Obelix çeşitlerinden elde edilmiş, en düşük verim ise 1 336.4 kg/da ile Caramba çeşidinde tespit edilmiştir (Şekil 2). Ülkemizin birçok bölgesinde İtalyan çimi çeşitleri ile yapılan çalışmalarda kuru ot verimi ile ilgili farklı sonuçlar elde edilmiştir (Açıkgöz, 2021). Yapılan çalışmalarda kuru ot verimi Orta Anadolu koşullarında tek biçimde 200-400 kg/da arasında (Karakurt & Ekiz, 1996; Akgül, 2001; Pişkin, 2007), Aydın'da 500 kg/da (Kara, 2016), İzmir'de

500-750 kg/da (Çelen, 1991); Samsun'da 750 kg/da (Yavuz vd., 2017), Erzurum'da sulu koşullarda 800 kg/da (Serin vd., 1996), Bingöl'de 968 kg/da (Lale, 2020), Ödemiş'te 1 750 kg/da (Budak vd., 2017), Bursa'da 1 500-1 700 kg/da (Özdemir vd., 2019), Akdeniz Bölgesi'nde 1 000-2 000 kg/da (Kuşvuran & Tansı, 2005; Parlak, 2005; Gültekin & Tansı, 2009; Pak, 2019; Acar vd., 2022) olarak tespit edilmiştir. İtalyan çiminde kuru ot verimi ekolojik koşullara, kültürel uygulamalara ve kullanılan çeşitlere göre önemli farklılıklar göstermektedir.



Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

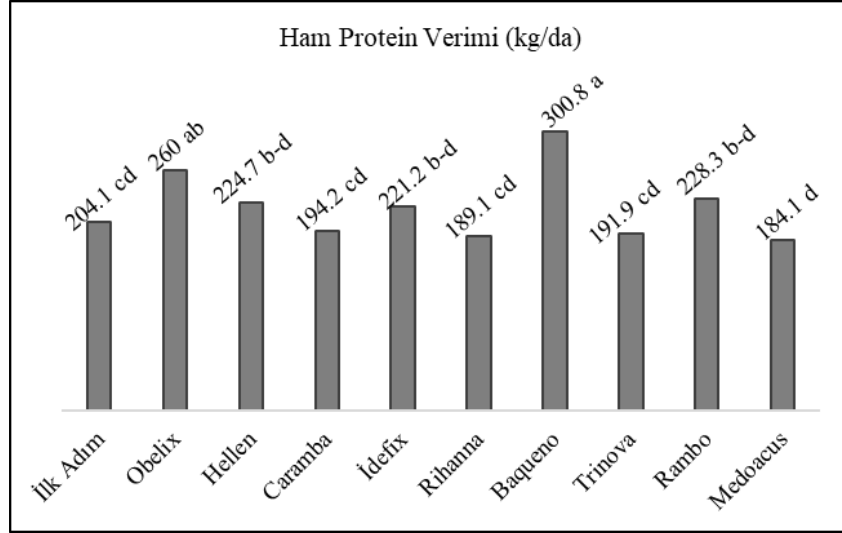
Şekil 2. İtalyan Çimi çeşitlerinde tespit edilen ortalama kuru ot verimleri  
Figure 2. Average hay yields determined in Ryegrass Cultivars

Ham protein verimi bakımından da çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiş, en yüksek ham protein verimi 300.8 kg/da ile Baqueno çeşidinden elde edilirken bunu 260.0 kg/da ile Obelix çeşidi takip etmiştir. Ham protein verimi bakımından en düşük değerler 184.1, 189.1, 191.9 ve 194.2 kg/da ile

Medoacus, Rihanna, Trinova ve Caramba çeşitlerinde tespit edilmiştir (Şekil 3). Yaptıkları çalışmalarda ham protein verimlerini Acar vd. (2022) 152.9-219.8 kg/da, Lale (2020) 157.8-179.6 kg/da, Serin vd. (1996) 141.5 kg/da, Akgül (2001) 79.8 kg/da, Kuşvuran & Tansı (2005) 183.0-231.9, Özdemir (2017) 49.30 kg/da, Çetin (2017)

91.6 kg/da olarak tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen ham protein verimleri bazı araştırmacıların elde ettiği değerlerden daha yüksek olurken (Akgül, 2001; Serin vd., 1996; Özdemir, 2017; Çetin, 2017; Lale, 2020), bazıları ile benzerlik (Acar vd., 2022; Kuşvuran & Tansı, 2005)

göstermektedir. Çalışmalarda ham protein verimi bakımından ortaya çıkan farklılıkların kullanılan çeşitler, kültürel uygulama farklılıkları (sulama, gübreleme), iklim ve toprak koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

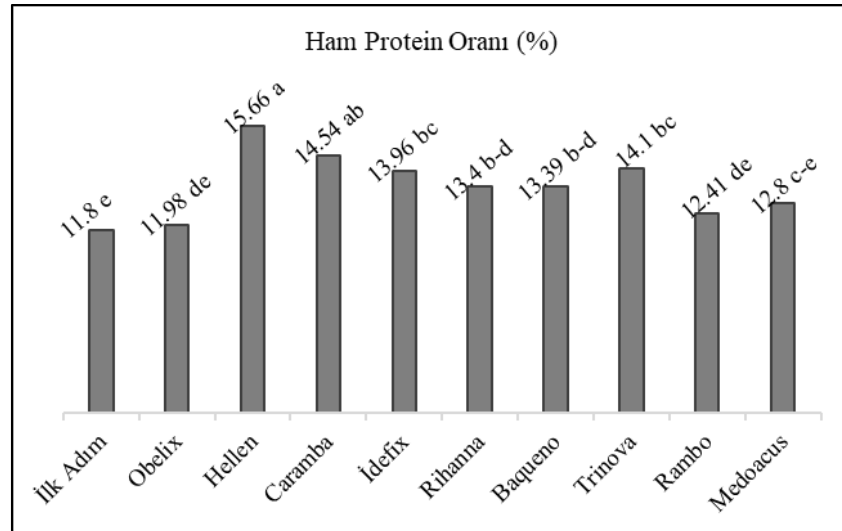


Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

Şekil 3. İtalyan Çimi çeşitlerinde tespit edilen ortalama ham protein verimleri  
Figure 3. Average crude protein yields determined in Ryegrass Cultivars

Çeşitlerin ham protein oranları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek ham protein oranı %15.66 ile Hellen çeşidinden elde edilirken bunu %14.54 ile Caramba çeşidi izlemiştir. En düşük ham protein oranları %11.80, %11.98 ve %12.41 ile İlk Adım, Obelix ve Rambo çeşitlerinde tespit edilmiştir (Şekil 4). İtalyan çiminde ham protein oranlarını Kesiktaş (2010)

%9.7, Çetin (2017) %12.9, Özdemir (2017) %12.65, Kavut ve Geren (2018) %11.40, Taşsever (2019) %8.07-13.45, Pak (2019) %8.13-13.90, Acar vd. (2022) %13.23 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz değerler önceki çalışmalarda belirlenen ham protein oranları ile benzerlik göstermektedir.



Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

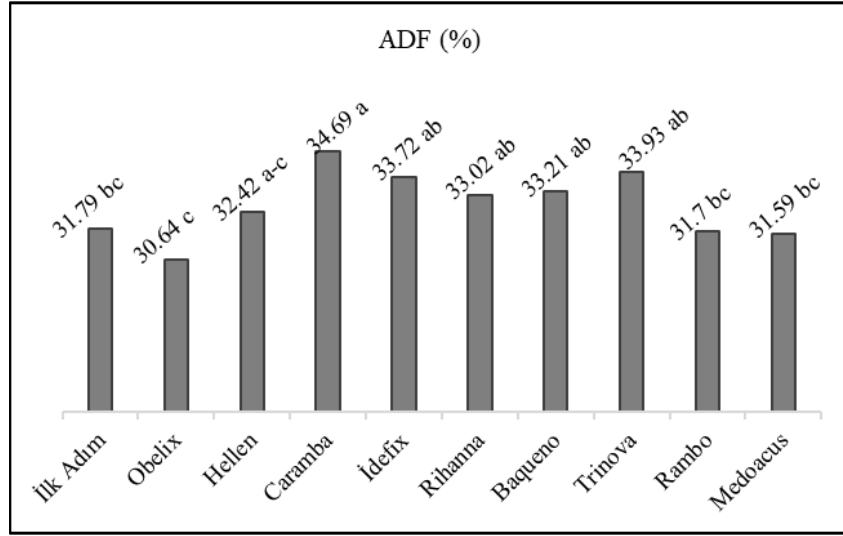
Şekil 4. İtalyan Çimi çeşitlerinde tespit edilen ortalama ham protein oranları  
Figure 4. Average crude protein ratios determined in Ryegrass Cultivars

Tek yıllık çim çeşitlerinin ADF oranları arasındaki farklılık da önemli bulunmuş, en yüksek değer %34.69 ile Caramba çeşidinde elde edilirken, bunu Trinova (%33.93), İdefix

(%33.72), Baqueno (%33.21) ve Rihanna (%33.02) çeşitleri izlemiştir (Şekil 5). En düşük ADF oranı %30.64 ile Obelix çeşidinde tespit edilirken, Medoacus, Rambo ve

İlk Adım çeşitleri de düşük ADF oranlarına sahip olmuşlardır. Elde ettiğimiz ADF oranları önceki çalışmalarda elde edilen değerler ile benzerlik

göstermektedir (Meeske vd., 2009; Çolak, 2015; Kara, 2016; Çetin, 2017; Özdemir, 2017; Kavut & Geren, 2018; Türk vd., 2019; Acar vd., 2022).



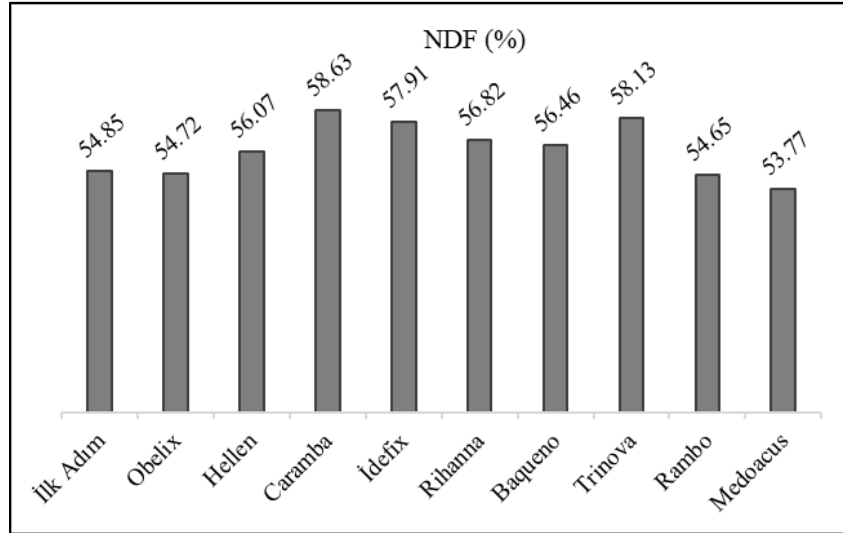
Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

Şekil 5. İtalyan Çimi çeşitlerinde tespit edilen ortalama ADF oranları

Figure 5. Average ADF ratios determined in Ryegrass Cultivars

Çeşitlerin NDF oranları ise %53.77 ile 58.63 arasında değişmiş ve aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 6). İtalyan çiminden elde edilen NDF değerlerinin, Özdemir vd. (2019) %48.30, Kavut & Geren (2018) %48.08, Özdemir (2017) %48.10, Kara (2016) %49.54, Çolak (2015) %56.01, Türk vd. (2019) %57.30, Çetin (2017)'in %56.5 olarak elde ettiği değerlerden

yüksek olduğu görülmüştür. Şimşek (2015)'in %59.67, Taşsever (2019)'in %57.32-62.38 ve Acar vd. (2022)'nin %58.31-62.22 olarak elde ettiği değerlerden ise düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışmalar arasındaki bu farklılıkların ekolojik koşullar, kültürel uygulamalar ve kullanılan çeşit farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6. İtalyan Çimi çeşitlerinde tespit edilen ortalama NDF oranları

Figure 6. Average NDF ratios determined in Ryegrass Cultivars

#### 4. Sonuç

Bursa Yenişehir şartlarında, 10 italyan çimi çeşidinin ot verimi ve kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu araştırmanın sonuçlarına göre; çeşitlerin bitki boyları 107.0-114.4 cm, kuru ot verimleri 1 336.4-2 249.6 kg/da, ham protein verimleri 184.1-300.8 kg/da, ham protein

oranları %11.80-15.66, ADF oranları %30.64-34.69 ve NDF oranları %53.77-58.63 arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek kuru ot verimi ve ham protein verimi Baqueno ve Obelix, en yüksek ham protein oranı Hellen ve Caramba, en düşük ADF oranı ise Obelix çeşidinden elde edilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, verim ve kalite birlikte

değerlendirildiğinde, Bursa ili ekolojik koşullarında Baqueno ve Obelix çeşitlerinin diğer çeşitlere göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Barış ÇETİN tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

- Acar, E., Balabanlı, C., & Bıçakçı, E. (2022). Bucak ekolojik koşullarında italyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) çeşitlerinin bazı verim ve kalite unsurlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 502-508. <https://doi.org/10.21597/jist.952768>
- Açıkgöz, E. (2021). *Yem bitkileri*. (1. Cilt). Ankara, Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Akgül, F. (2001). *Ankara şartlarında farklı sıra aralığı ile ekim ve azotlu gübrelemenin tek yıllık çim (Lolium multiflorum L.)'in ot verimi ve kalitesine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aktar, Y. (2019). *Şanlıurfa koşullarında tek yıllık italyan çim bitkisi (Lolium multiflorum L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Altın, M., Orak, A., & Tuna, M. (1994). Farklı ekim normu ve sıra arası mesafenin İtalyan çiminin (*Lolium multiflorum* L.) önemli bazı verim ve verim unsurları üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3, 183-187.
- ANKOM (2020). Analytical Procedures DELTA. <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzder-delta> (Son erişim tarihi: 23 Şubat 2023)
- Baytekin, H., Kızılsimsek, M., & Demiroğlu, G. (2009). Çim ve Ayrık Türleri. In: *Yem Bitkileri Genel Bölüm Cilt III*. (pp. 561-572)
- Budak, B., Özkan, Ş. S., Kır, B., Salman, A., Topçu, G. D., & Yılmaz, M. (2017). Akdeniz iklim koşullarında farklı italyan çimi (*Lolium italicum*) çeşitlerinin kuru ot verimi ve bazı morfolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi. Özel sayı*, 394-401.
- Celen, A. E. (1991). Ekim zamanı ve azot dozlarının İtalyan çiminin (*Lolium multiflorum*) verim ve diğer bazı karakterlerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28, 51-70.
- Çetin, R. (2017). *Tokat Kazova şartlarında tek yıllık çimde (Lolium multiflorum L.) azotlu gübrelemenin ot verimi ve kalitesine etkilerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çolak, E. (2015). *Azotlu gübre dozlarının İtalyan çimi (Lolium italicum L.) çeşitlerinin ot verimi, kalitesi ve bazı tarımsal özelliklerine etkisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dinç, İ. (1995). *İtalyan çimi (Lolium multiflorum lam.) çeşitlerinde yazlık ve kışlık ekimin verim ve verim kriterleri üzerine olan etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gültekin, R., & Tansı, V. (2009). Çiftlik gübresinin farklı form ve dozlarının, Çukurova Bölgesi koşullarında, tek yıllık çim (*Lolium*

- multiflorum* Lam.)'in ot ve tohum verimi ile ot kalitesine etkisi. *Çukurova Ünv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20, 122-131.
- Kaçar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Ankara, Nobel Yayınları.
- Kara, E. (2016). *Aydın koşullarında kışlık ara ürün olarak yetiştirilecek tek yıllık bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karakurt, E., & Ekiz, H. (1996). İskenderiye Üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ile İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) karışım oranlarının ot verimine etkisi, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 11-24.
- Kavut, Y.T., & Geren, H. (2018). İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) + Tüylü fiğ (*Vicia villosa* L.) karışımlarında farklı hasat zamanları ve karışım oranlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(3), 283-287.
- Kesiktaş, M. (2010). *Karaman'da farklı ekim zamanları ve azotlu gübre dozu uygulamalarının İtalyan çiminin (Lolium multiflorum westervoldicum Caramba) yem verimine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kuşvuran, A., & Tansı, V. (2005). Çukurova koşullarında farklı biçim sayısı ve azot dozunun tek dozunun tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* cv. Caramba)'in ot ve tohum verimine etkisinin saptanması. *Türkiye 6. Tarla Bitkileri Kongresi*. 5-9 Eylül, Antalya, 797-802.
- Lale, V. (2020). *Bingöl şartlarında bazı İtalyan çimi (Lolium multiflorum Lam.) çeşitlerinin ot verimi ve kalitesinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Meeske, R., Botha, P. R., Van Der Merwe, G. D., Greyling, J. F., Hopkins, C., & Marais, J. P. (2009). Milk production potential of tworye grass cultivars with different total non-structural carbohydrate contents. *South African Journal of Animal Science*, 39(1), 15-21.
- Özdemir, S. (2017). *Farklı azot dozlarının italyan çiminin (Lolium multiflorum westervoldicum Caramba) ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özdemir, S., Budaklı Çarpıcı, E., & Aşık, B. B. (2019). Farklı azot dozlarının İtalyan çiminin (*Lolium multiflorum westervoldicum* Caramba) ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1), 131-137.
- Pak, M. (2019). *Azotlu gübre dozlarının bazı tek yıllık çim çeşitlerinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Parlak, E. L. (2005). *Çukurova koşullarında bakla (Vicia faba L.)'nın, arpa (Hordeum vulgare L.) triticale (Triticale), Buğday (Triticum aestivum L.) ve tek yıllık çim (Lolium multiflorum Lam.) le karışımlarının biomass üretim kapasitelerinin saptanması üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pişkin, M. (2007). *İtalyan çiminde (Lolium multiflorum Lam.) farklı tohum miktarlarının verim ve bazı verim unsurları üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Serin, Y., Tan, M., & Şeker, H. (1996). Azotlu gübreleme ve ekim oranının tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* Lam.)'de ot ve ham protein verimi ile otun ham protein oranına etkileri. *Türkiye 3. Çayır Mera ve Yem Bitkileri Kongresi*. 17-19 Haziran 1996, Erzurum, 732-738.
- Şimşek, S. (2015). *Kırşehir koşullarında farklı Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz) + İtalyan çimi (Lolium multiflorum Lam.) karışım oranlarının verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Taşsever, M. N. (2019). *Kahramanmaraş şartlarında bazı tek yıllık çim (Lolium multiflorum Lam.) çeşitlerinin bitkisel özellikleri ve yem değerleri*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Türk, M., Pak, M., & Bıçakçı, E. (2019). Farklı azotlu gübre dozlarının bazı tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* l.) çeşitlerinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 219-225.
- Yavuz, T., Sürmen, M., Albayrak, S., & Çankaya, N. (2017). Determination of forage yield and quality characteristics of Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) lines. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 234-241.





## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Kapı Uygulaması

İbrahim Alaçakal<sup>1</sup> , Habib Doğan<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gölhisar, Burdur

\*Sorumlu yazar: hdogan@mehmetakif.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 31/05/2023

Kabul tarihi: 18/06/2023

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Kapı, ESP8266, Nesnelerin İnterneti, NodeMCU

DOI: 10.55979/tjse.1308123

#### ÖZET

Teknolojinin gelişimine paralel olarak Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) kavramı günlük hayatımızın birçok noktasına girmiş ve uygulama alanları bulmuştur. Akıllı ev konseptlerinin piyasada bulunduğu yoğun talebe bağlı olarak da farklı IoT ekipmanları uygulama alanına sürülmektedir. Bu çalışmada akıllı ev konsepti çerçevesinde bir kapının uzaktan otomatik açılıp kapatılması amaçlanmış ve NodeMCU kiti kullanılarak bu işlem internet tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. NodeMCU kitinde bulunan ESP8266 wi-fi modülü internet bağlantısı üzerinden bu işlemin rahatlıkla gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Uygulama sonucunda kapının ne zaman açılıp kapatıldığı da takip edilebildiği için, uzaktan erişimin yanında ekstra güvenlik amaçlı olarak da kullanılabilmesi hedeflenmiştir. Tasarlanan devrenin basit ve maliyet açısından oldukça ekonomik olması çoğu uygulamada kolay ve rahatlıkla kullanılmasını sağlayacaktır.

### Internet of Things-based Smart Door Application

#### ARTICLE INFO

Received: 31/05/2023

Accepted: 18/06/2023

**Keywords:** Smart Door, ESP8266, Internet of Things, NodeMCU

DOI: 10.55979/tjse.1308123

#### ABSTRACT

Parallel to the development of technology, the concept of the Internet of Things (IoT) has entered many aspects of our daily lives and has found application areas. Depending on the high demand for smart home concepts in the market, different IoT equipment are introduced into the field of application. In this study, it was aimed to remotely open and close a door automatically within the framework of the smart home concept, and this process was carried out on the internet using the NodeMCU kit. The ESP8266 wi-fi module in the NodeMCU kit has enabled this process to be carried out easily over an internet connection. Since it is possible to monitor when the door is opened and closed as a result of the application, it is aimed to be used for extra security purposes as well as for remote access. The fact that the designed circuit is simple and very economical in terms of cost will enable it to be used easily and comfortably in most applications.

#### 1. Giriş

Teknolojinin hızla gelişmesine bağlı olarak insan hayatında önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Yaşanan gelişmelerin en önemlilerinden birisi olarak nesnelerin interneti göze çarpmaktadır. Hız ve bant aralığı açısından internet çağındaki her ilerlemeyle birlikte, nesnelerin interneti yeni buluşlarla gündeme gelmiş, yeni ve farklı alanlardaki uygulama çeşitleri hızla artmıştır (Douligeris, 1993; Gupta vd., 2019). Nesnelerin İnterneti, gelişmekte olan teknolojilerle birlikte uygulama alanı buldukça, yeni nesil şehirlerde iş, yaşam ve hayatımızın birçok alanında yeni imkânlar (akıllı fabrikalar, bina enerji yönetim sistemleri, e-sağlık sistemleri, hassas tarım, akıllı evler vb.) ortaya çıkarmaktadır (Karakoç & Çeken, 2021). Nesnelerin İnterneti, devamlı olarak gelişen özellikleri ve yapısı ile insan hayatına da birçok katkı sağlamakta, insanlar konum tanımaksızın cihazlar ile haberleşebilmekte, süreçler olabildiğince kısaltılmakta ve hız kazanmaktadır (Karakoç vd., 2019).

Akıllı ev düşüncesi ilk olarak 1900'lerin son çeyreğinde ortaya atılmıştır. Genel olarak, gelişen teknolojiler

sayesinde ev sakinlerinin hayatlarını kolaylaştıran, onların ihtiyaçlarına cevap verebilen ve daha güvenli, daha tasarruflu ve daha konforlu bir hayat sunan evler için kullanılmaktadır. Geleceğin modern evlerini inşa etmede akıllı ev sistemleri önemli bir role sahiptir (Jiang vd., 2004; Stefanov vd., 2004). Akıllı evin, evdeki sıcaklık, anlık görüntü, ışık şiddeti, nem, gaz oranı ve ev ortamındaki diğer durumları anlık algılayarak kontrol altına alması ve denetlemesi gerekir (Kim & Kim, 2008; Güğül & Sarıtaş, 2008). Akıllı evler, kullanıcı tarafından kontrol edilebilen otomatik fonksiyon ve sistemlere sahip cihazları içerirler (Stefanov vd., 2004). Günümüzde, akıllı ev sistemleri ve nesnelerin interneti otomasyonları kullanıcı sayısını arttırmakta ve yakaladığı popülarite ile beraber hayatımıza entegre olmaya devam etmektedir (İlkbahar vd., 2021). Bu sistemlerin GSM tabanlı sistemlerle entegre edilerek mobil tasarımlarının da yapılmasının kullanım yaygınlığını daha da artıracığı düşünülmektedir (Metlek & Turker, 2017). Akıllı ev sistemleri globalde kullanıcı sayısını arttırmaya devam etse de ülkemizde kültürel ve ekonomik açılardan yetersiz kaldığı için bu süreç daha yavaş ilerlemektedir. Bununla birlikte son zamanlarda bu alandaki araştırma ve

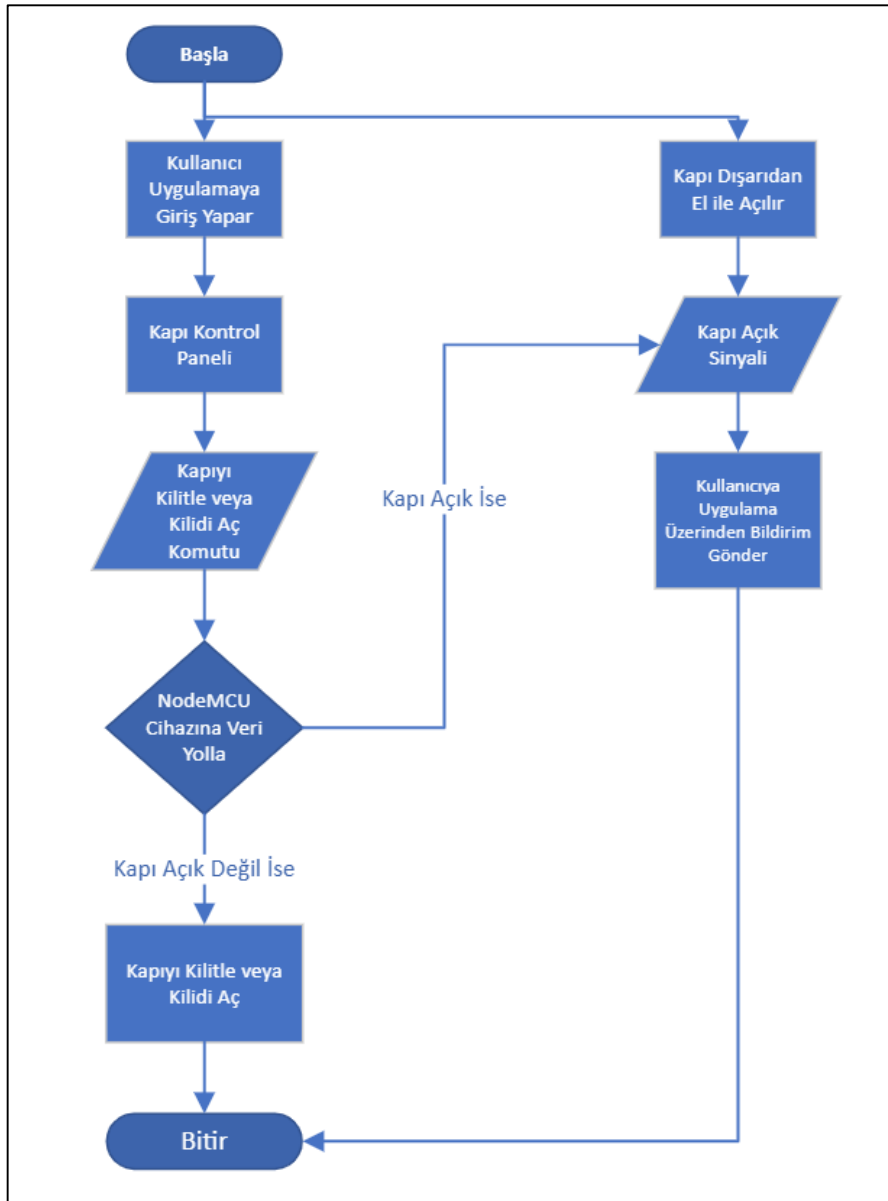
uygulamalar büyük artış sergilemekte olup, bunun da ülkemizdeki bu sektörü pozitif etkileyeceği varsayılmaktadır.

Gelecekte, nesnelerin interneti ve akıllı ev sistemleri alanında daha fazla yenilik ve gelişme beklenmektedir. Bu teknolojiler, enerji verimliliği, güvenlik, konfor ve yaşam kalitesi gibi alanlarda önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca, bu teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte, evlerimizin daha da akıllı hale gelmesi ve hayatımızı kolaylaştırması kaçınılmaz olacaktır.

Bu çalışma, nesnelerin interneti ve akıllı ev sistemlerinin birleşimi olan bir kapı kontrol sistemi üzerinde odaklanmıştır. Çalışmada mobil cihazlar aracılığıyla kapının durumunu izleme ve kontrol etme imkânı sunulmuş olup nesnelerin interneti teknolojilerinden yararlanıp kapının anlık durumunu mobil bir cihazdan izleyerek hırsızlara karşı önlem almak ve elektronik kilit

ile mobil cihazdan kapıyı kilitleyebilmek amaçlanmıştır. Mobil bir cihazdan Google Firebase kullanılarak C++ ile kodlanmış NodeMCU ESP8266 kartı ve kapıya bağlanmış devre kullanılarak telefonda kapının durumunu ve kapının elektronik kilidini erişerek bu kilidin kapatılıp açılabilmesi sağlanmıştır.

Şekil 1'de çalışma diyagramı verilen sistemin çalışması şu şekilde sağlanmaktadır. Kullanıcı uygulamaya bilgilerini girerek giriş yapar. Bu bilgiler veri tabanına gönderilir ve karşılaştırılır. Eğer bilgiler doğru ise kullanıcı uygulamaya giriş yapar. Kontrol paneli üzerinden kapıyı kilitleyip kilidi açabilir. Kullanıcı kapının kilidini aç veya kapat sinyali gönderdiğinde web sitesi bu veriyi veri tabanına gönderir. NodeMCU cihazı veri tabanına gelen veriyi okuyarak işler ve gelen veriye göre kapının kilidini açar veya kapatır. Ama kapı açık ise kullanıcı bu işlemleri yapamaz ve kullanıcıya kapı açık bildirimi gönderilir.



Şekil 1. Sistemin çalışma diyagramı

Figure 1. Operational diagram of the system

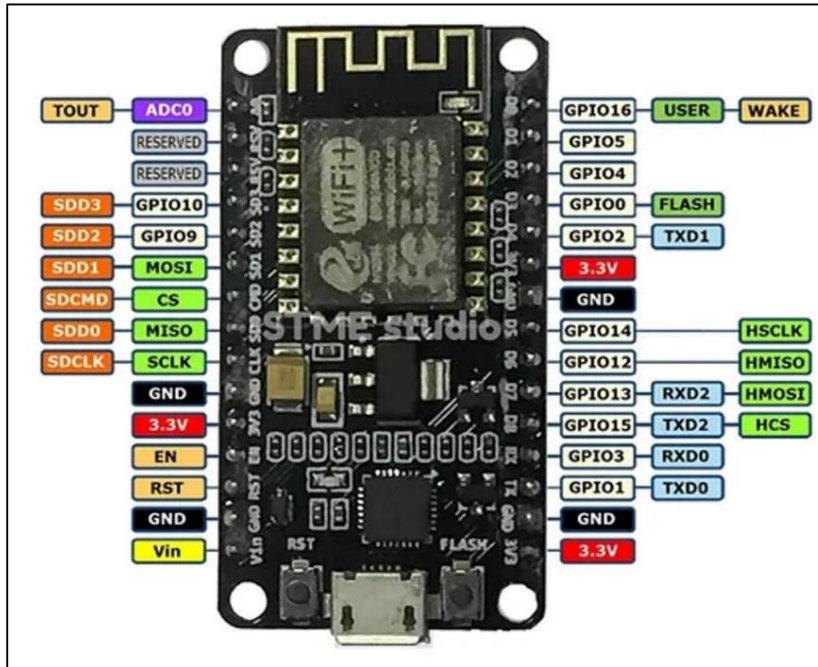
NodeMCU ESP8266 tercih edilmesinin asıl sebeplerinden biri, kartın kendi üzerinde bulunan wi-fi modülü ile cihazla internet üzerinden iletişim kurabilme yeteneğine sahip olması ve küçük boyutuna rağmen oldukça karışık problemleri çözmesidir. Bu cihaz oldukça ucuz ve kullanışlıdır. NodeMCU kullanıcıların rahatlıkla ulaşabileceği açık kaynaklı yazılımsal ve donanımsal bir platformdur. Kişiler veya topluluklar tarafından geliştirilir. ESP8266, Arduino IDE ve C++ kullanarak rahat bir şekilde programlanabilmektedir.

Bu çalışmaya benzer olan önceden yapılan bir çalışmada; telegram üzerinden evdeki elektronik cihazların yönetimini yapılmaktadır. Enerji israfına neden olan elektronik cihazlar uzaktan kontrol edilebilmektedir. Girişteki yüz tanıma sistemi ile içeri giren çıkanları ev sahibine telegram üzerinden bildirilmektedir (İlkbahar vd., 2021). Farklı bir çalışmada ise; ev ortamında gerçekleştirilen gündelik işlemlerin wi-fi destekli bir cihaz üzerinden kontrol edilebilmesi çalışılmış, yatağa bağlı bir hastanın acil durum senaryosu da hazırlanmıştır. Çalışmada MSP432 mikro denetleyicisi kullanılmış, kablosuz veri aktarımı ESP8266 ile sağlanmıştır (Sine & Koçyiğit, 2020).

Bluetooth teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada, ARM denetleyicisine sahip bir ev otomasyon tekniği geliştirilmiştir. IR algılayıcısı kullanılarak kişinin tespit edilmesi sağlanan bu sistemde, bir kişi algılandığında, tuş takımını etkinleştirmek için geçiş kodu girilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kimlik doğrulaması için kullanıcıya SMS gönderilmektedir. Yetkili kişinin

onayıyla kapı açılmaktadır. Eğer kapıda bekleyen kişi şifreyi yanlış girerse, yetkiliye bir bildirim mesajı gönderilir ve sesli uyarı ile ikaz edilir. (Rajadurai vd., 2015).

Literatürde akıllı ev sistemlerini destekleyecek ve güvenlik seviyesini artıracak şekilde farklı otomatik kapı kilitleme çalışmaları yürütülmüş olup, bu çalışmalarda ZigBee (Park vd., 2009), Arduino temelli platformlar (Sowmya vd., 2018; Shanthini vd., 2020), Bluetooth (Arifin & Sarno, 2018) ve Raspberry Pi (Hussein & Al Mansoori, 2017), kullanılarak kapılarda otomatik kilitler oluşturulmuş ve geleneksel sistemlere göre daha işlevsel yaklaşımlar sunulmuştur. Han ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, akıllı kapı kilidine gönderilen ve alınan verilerin doğruluğu ve savunmasız sistem sorunu ele alınmıştır. Bu güvenlik sorunlarını çözmek için, blok zinciri tabanlı akıllı kapı kilidi sistemi önerilmiştir (Han vd., 2017). Benzer başka bir önemli çalışmada ise, doğrudan temas gerektirmeyen bir kilit sistemi geliştirilmiştir. Bu akıllı kapı sistemi, farklı fiziksel özelliklere sahip kullanıcılar tarafından da kullanılabilir. Sistem, düşük güç tüketimiyle bluetooth teknolojisini kullanmaktadır ve tüm cihazlarda kullanılabilir olması hedeflenmektedir (Hadis vd., 2018). Akıllı telefon desteği de sunan çalışmalar ev otomasyonları için ideal bir seçim oluşturmaktadırlar. Bu yaklaşımlardaki temel amaç geleneksel sistemlerin vermediği esnekliği elde etmek ve güvenliği daha üst seviyelere çekebilmek olmuştur.



Şekil 2. NodeMCU ESP8266 giriş ve çıkış portları  
Figure 2. NodeMCU ESP8266 input and output ports

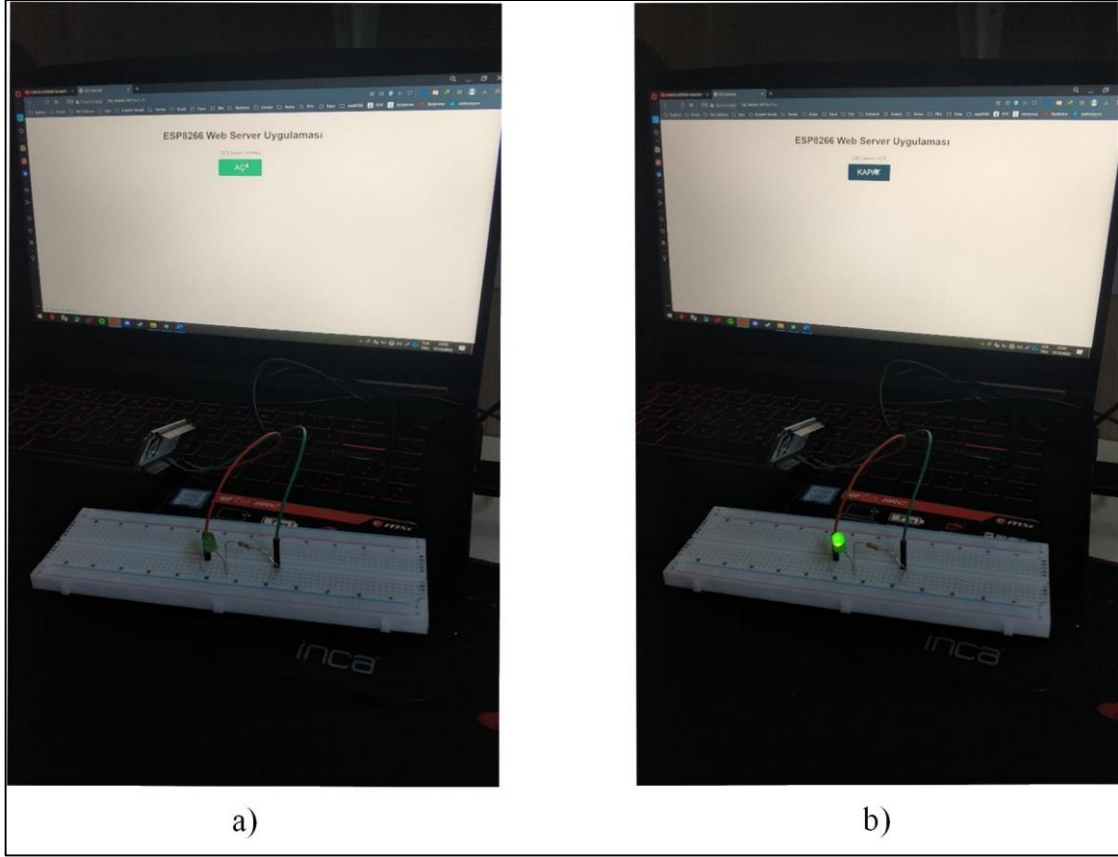
Çalışmanın ikinci bölümünde bu çalışmanın uygulama kısmının nasıl yapıldığı ve sistemin işleyişi detaylı olarak anlatılmış, üçüncü bölümünde elde edilen bulgular

paylaşmıştır. Son bölümde ise sonuçlarla ilgili tartışmaya yer verilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmanın başlangıcında kilit olarak ledler kabul edilmiştir. Şekil 3a'da kapının kilidini açık olduğu, Şekil 3b'de ise kapının kilidinin kapalı olduğu temsilen gösterilmiştir. Bu gösterimler NodeMCU ESP8266 içindeki WebServer ile Localhost üzerinden

haberleştirilerek yapılmıştır. Çalışmada website ve mobil uygulama, kart ile haberleştirilmiştir. HTML CSS ve JavaScript kullanarak website hazırlanmış, hazırlanan website Şekil 4'te gösterilen Google Firebase veritabanı ile iletişim kurulmuştur.



Şekil 3. NodeMCU bağlantısı a) kapı kapalı b) kapı açık  
Figure 3. Connections of NodeMCU a) closed door b) opened door

cihaz3	
elektrik:	"0"
kapidurum:	"0"
kapikilit:	"0"
kapikilitsinyal:	"0"

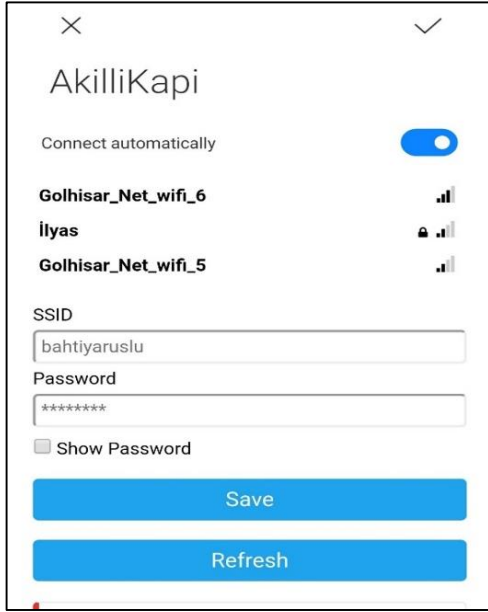
Şekil 4. Firebase veri tabanı tablosu  
Figure 4. Firebase database table

kilitle veya kapının kilidini aç sinyali gönderebilmektedir. Google firebase gönderilen bu değeri Şekil 4'te belirtilen tabloda tutarak bağlanan cihazların okumasını sağlamıştır.

ESP8266, öncelikle üstünde bulunan wifi modülü ile kullanıcıya bir hotspot ağı açmıştır. Bu ağa bağlanan kullanıcıya Şekil 5'te belirtilen wifi ağı arayüzü gelmektedir. Kullanıcı bu arayüzden kendi modemini seçip şifresini yazarak giriş yapmaktadır. Yapılan bu işlem sayesinde ESP8266, modeme bağlanarak internete çıkabilmekte ve bağlantı kodları kullanılarak başarılı bir şekilde bağlantı kurabilmektedir.

Çalışmada, NodeMCU ESP8266, akü şarj cihazı, 2 adet switch, 2 adet lityum iyon pil ve 1 adet 5V DC röle kullanılarak devre oluşturulmuş, bu devrede aşağıdaki malzemeler kullanılmıştır.

Web sitesi ve mobil uygulamaya giriş ekranı hazırlanmıştır. Bu sayede sadece yetkili kişiler veri tabanına müdahale edebilmiştir. Giriş yapan kullanıcı siteden veya mobil uygulamadan veri tabanına kapıyı



Şekil 5. NodeMCU internete çıkış ekranı  
Figure 5. NodeMCU internet output screen

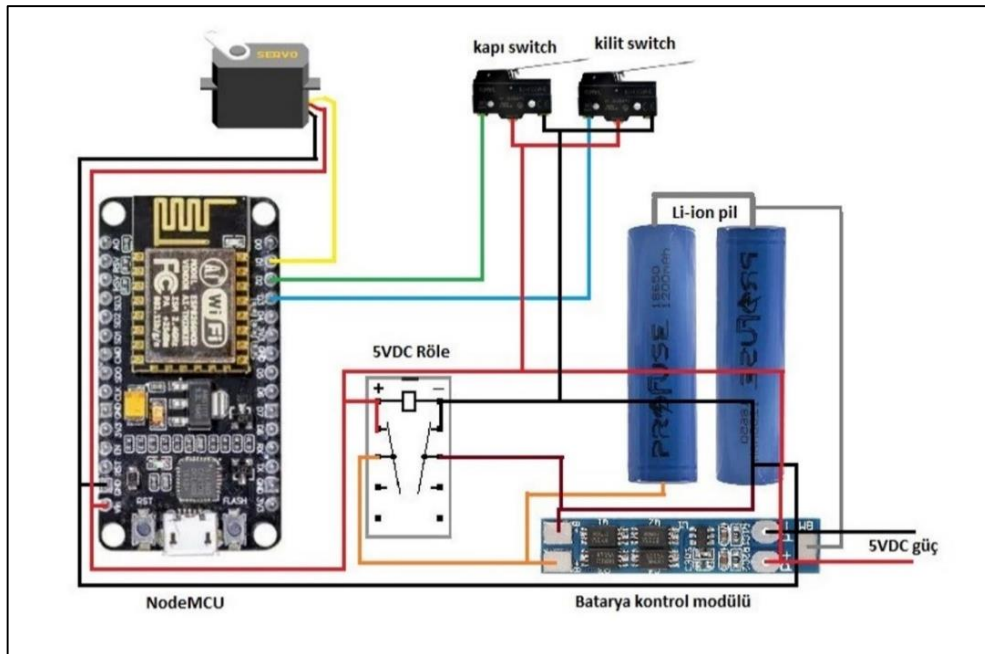
- NodeMCU ESP8266 geliştirme kartı
- 2 adet switch (anahtar)
- 2 adet lityum iyon pil
- Akü şarj cihazı
- 1 adet 5V DC röle
- Bağlantı kabloları
- Breadboard (deney tahtası) veya prototip kartı

Devrenin bağlantılarını görselleştirmek için Şekil 6'da belirtilen devre şeması kullanılmıştır. NodeMCU ESP8266'ı güç kaynağına bağlamak için devrede gösterilen piller kullanılmıştır. Bunun için NodeMCU'nun VCC pimi akü şarj cihazına, GND pimi ise toprak (ground) noktasına bağlanmıştır.

NodeMCU üzerindeki GPIO pinlerini kullanarak switchler kontrol edilmektedir. Örneğin, switchler GPIO2 ve GPIO3 pinlerine bağlanabilir. Switchlerin bir ucu GPIO pinlerine, diğer ucu ise toprak noktasına bağlanmalıdır.

Lityum iyon pilleri bağlamak için uygun pil konektörleri kullanılmalıdır. Pilin pozitif uçları ve negatif uçları akü şarj cihazına bağlanılır. 5V DC röleyi kontrol etmek için NodeMCU üzerindeki bir GPIO pini kullanılabilir. Örneğin, röle GPIO4 pinine bağlanabilir. Röle bobini GPIO4 pinine bağlanırken, röle kontaklarının yük devresine bağlanması gerektiği unutulmamalıdır.

NodeMCU ESP8266'ı programlamak için Arduino IDE veya ESP8266 tabanlı diğer platformlar kullanılabilir. Bir mikrodenetleyici programı geliştirmek ve switchlerin, lityum iyon pillerin, akü şarj cihazının ve rölenin kontrolünü sağlamak için uygun programlama kodlarının yazılması gerekmektedir. Bu çalışmada daha önce bahsedilen nedenlerden dolayı ESP8266 tercih edilmiştir.



Şekil 6. Devre şeması  
Figure 6. Circuit scheme

MG995 servo D1 pinine PWM çıkış yönünden bağlanılarak yönetilmiştir. D3 pinine giriş yönünden switch bağlanılarak kapının giriş bölümüne yerleştirilmiş ve üzerine baskı yapıldığı takdirde kapının

kapalı, baskı yapılmadığı takdirde kapının açık olduğu son kullanıcıya iletilmiştir. Ayrıca hareket ettirilen servo motorun karşısına bir buton switch daha eklenerek

kapının kilitlenip kilitlenmediği bilgisi D5 pinine giriş şeklinde bağlanan bu switch ile sağlanmıştır.

Veri tabanından gelen kapının kilitli mi yoksa değil mi bilgisini işleyerek ESP8266' nın üstündeki PWM (D1, GPIO5) çıkış portu sayesinde servo motor hareket ettirilerek kapı kilitlenmiştir.

Üstünde bulunan giriş değeriyle kapının dilindeki switch'i (buton) okuyarak veri tabanına kaydetmiştir. Bu değer kapının açık mı yoksa kapalı mı olduğunu belirleyen değerdir. Eğer değer 1 yani switch' e basılıp devre tamamlanıyor ise kapı kapalıdır. Fakat değer 0 yani switch devreyi tamamlanıyor ise kapı açıktır. Bu bilgiyi, website ve mobil uygulama veri tabanından çekerek son kullanıcıya göstermektedir.

Websitenin responsive yani her cihaza uyumlu yapılmasından yola çıkılarak, mobil uygulama Android Studio üzerinden webview teknolojisi kullanılarak yapılmış ve cihazı kullanan kişinin erişebilmesi için APK olarak paylaşılmıştır. MySQL, MS SQL ve Google Firebase veri tabanları kart ve website üzerinde denenmiştir. Bu denemeler sonucunda gecikme değeri en düşük olan Google Firebase veritabanı kullanılmıştır.

Websiteye giriş yapmadan index sayfasına ulaşma yani veri tabanına müdahale etme işlemleri Şekil 7'de belirtilen JavaScript session method'u kullanılarak engellenmiştir. Bu sayede yabancı bir kişi şifreyi bilmeden siteye giriş yapamamaktadır. Elektrik kesintisi gibi senaryolar işlenerek ESP8266' ya UPS devresi yapılmıştır.

```

var currentUser = null;

window.onload = function(){
  getUsername();
  if(currentUser == null){
    window.location = 'cikis.php';
  } else{
    userLink.innerText = currentUser;
  }
}

function getUsername(){
  let beniHatirla = localStorage.getItem("beniHatirla");
  if(beniHatirla == "yes"){
    currentUser = localStorage.getItem("user");
  } else{
    currentUser = sessionStorage.getItem("user");
  }
}

```

Şekil 7. JavaScript session fonksiyonu  
Figure 7. JavaScript session function

Yapılan bu devre sayesinde adaptörden alınan güç kesildiğinde pil devreye girmiş NodeMCU bir süre daha çalışmaya devam etmiştir ve servo 0 durumuna çekilmiştir. Yapılan bu işlem ile olası elektrik kesintilerinde kapının kilitli kalması engellenmiştir. Kapının açık olduğu durumlarda javascript fonksiyonları sayesinde kapının kilitlenmesi engellenmiştir.

### 3. Bulgular

Bu çalışmada, NodeMCU ESP8266 cihazının IoT teknolojisi kullanılarak bir kapı üzerinde nasıl kullanılabileceği incelenmiştir. Cihazın internete bağlanma ve veri toplama yetenekleri sayesinde, kapının durumu izlenebilir ve uzaktan kontrol edilebilir. Şekil 8' de veri tabanına veri gönderme işleminin nasıl yapıldığına dair kod penceresi görülmektedir.

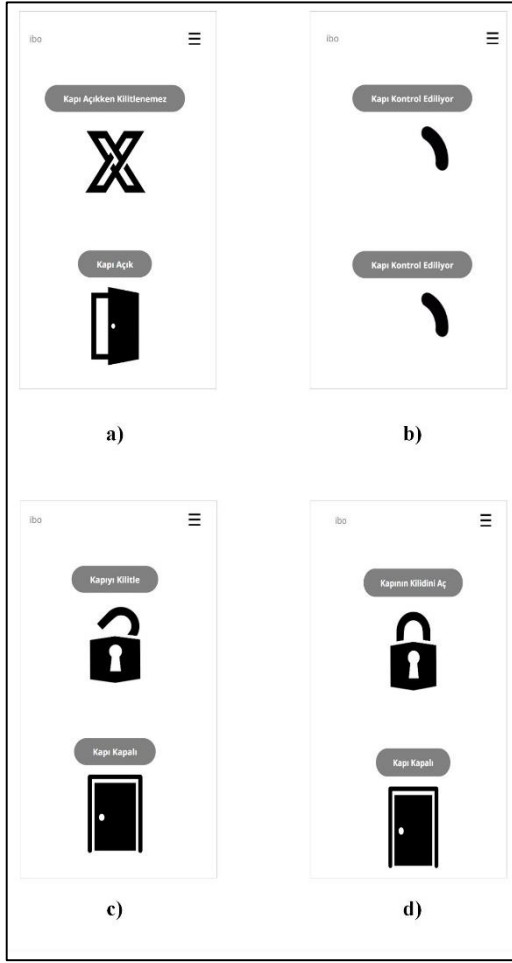
```

129 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
130 // firebase veritabanına veri göndermek için Firebase.setInt komutu kullan
131
132 if(kapicikmi==1){
133
134   if(Firebase.setString(veritabanim, "/ibrahim/kapidurum", "1"))
135   {
136     //bağlanti başarılı ve veri geliyor ise
137     Serial.println("Kapi Kapali");
138   }
139
140 }else if(kapicikmi==0){
141
142   if(Firebase.setString(veritabanim, "/ibrahim/kapidurum", "0"))
143   {
144     Serial.println("Kapi Acik");
145   }
146
147 }else{
148   //hata varsa hata mesajı ve nedeni yazdırılıyor
149
150   Serial.print("Int tipindeki veri gönderilemedi, ");
151   Serial.println(veritabanim.errorReason());
152 }
153 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

```

Şekil 8. Veri tabanı iletişim komutları  
Figure 8. Database communication commands

NodeMCU cihazı, kapıyı kilitlemek için servo motorunu kullanır. Servo motor 180 derece dönerek kilidi yuvasına iter ve bu durum uygulamada gösterilir (Şekil 9c). Bu sayede, kapının güvenli bir şekilde kilitlendiği ve izleme yapıldığı tespit edilir. Kapının kilidini açma sinyali gönderildiğinde, servo motorun 0 konumuna dönerek kilidi çektiği ve uygulamanın eski konumuna döndüğü görülmüştür (Şekil 9d). Bu işlem, kullanıcının uzaktan kapıyı açma kontrolünü sağlamaktadır. Kapı manuel olarak açıldığında, uygulama kapı açık uyarısı verir (Şekil 9a). Kapı kapatıldığında ise uygulama eski haline döner. Bu durum, kullanıcının kapının durumunu izlemesini sağlar ve gerekli güvenlik tedbirlerinin alınmasını kolaylaştırır.



Şekil 9. NodeMCU ile kontrol edilen kapının farklı durumları a) kapı açık b) açılış ekranı, c) kapıyı kilitle komutu, d) kapının kilidini aç komutu

Figure 9. Different states of the door controlled by NodeMCU a) door open b) splash screen, c) door lock command, d) door unlock command

NodeMCU cihazı, internet veya elektrik kesintilerinde üzerinde UPS devresi sayesinde servo motorunu 0 konumuna getirerek kullanıcıların kilitli kalmasını önler. Bu özellik, sistemin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini artırır. Uygulama başlatıldığında, kapıyı kontrol eden açılış ekranı görüntülenir (Şekil 9.b). Bu ekran, kullanıcının sistemle etkileşime geçmesini ve kapı kontrolünü gerçekleştirmesini sağlar.

IoT tabanlı akıllı kapı uygulaması, kullanıcıların güvenliğini sağlamak için birçok güvenlik önlemi içermektedir. Bu önlemler arasında güçlü şifreleme algoritmaları, kimlik doğrulama protokolleri ve güvenlik duvarı sistemleri yer almaktadır. Gerçekleştirilen testler ve denetimler, sistemde tespit edilen güvenlik açıklarının minimum düzeyde olduğunu ve bu açıkların hızla giderildiğini göstermektedir.

Bu bulgular, NodeMCU ESP8266 cihazının başarılı bir şekilde kullanılarak bir kapı üzerinde uzaktan kontrol sağlanabileceğini ve güvenlik ve konfor seviyesinin artırılabilirliğini göstermektedir. Kapının durumu

izlenebilir, uzaktan kontrol edilebilir ve kullanıcıların güvenliği sağlanabilir.

#### 4. Sonuç

IoT teknolojisi sayesinde fiziksel nesnelere internete bağlanarak, veri toplama, iletişim kurma ve kontrol edilebilir özelliklerine sahip hale getirilebilir. Bu sayede, çeşitli alanlarda akıllı sistemler oluşturulabilir ve insanların hayatları kolaylaştırılabilir. Bu çalışmada, NodeMCU ESP8266 adlı basit ve kullanışlı cihazın da bu teknolojinin bir parçası olarak kullanılabilirliği akıllı kapı örneği ile gösterilmiştir. Otomatik olarak uzaktan kapıyı kontrol etme ve izlemenin amaçlandığı bu uygulamada, NodeMCU ESP8266 cihazını kullanarak, bu amaç doğrultusunda doğru parça ve yöntemleri seçerek hedefe ulaşılmıştır. Bu süreç sonunda, maliyet açısından da oldukça uygun bir ürün ortaya çıkarılmıştır. Uygulama, kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Kullanıcılar, mobil uygulama veya web tabanlı arayüz üzerinden sisteme kolayca erişebilir ve kapıyı açma veya kapama gibi işlemleri basit bir şekilde gerçekleştirebilir. Arayüz, kullanıcıların hızla öğrenebileceği ve kullanımını kolaylaştıran bir tasarıma sahiptir. Ayrıca, kullanıcı tercihlerine göre farklı erişim yöntemleri sunarak kullanıcı deneyimini artırmaktadır. İleriki zamanlarda, bu çalışma diğer akıllı ev bileşenlerine de entegre edilerek tam kapasite çalışan bir akıllı ev otomasyonuna dönüştürülmesi düşünülmektedir. Elde edilen tasarım rahatlıkla diğer bileşenlere de uygulanabilir kolaylık ve maliyet avantajına sahiptir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma sırasında bize yardımcı olan, yönlendirmesi ve tavsiyeleri sayesinde çalışmanın daha başarılı hale gelmesini sağlayan Fahrettin Alper'e teşekkür ederiz.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

İbrahim Alaçakal projenin gerçekleştirilmesini ve makale ham verilerinin hazırlanmasına, Habib Doğan verilerin makale haline getirilmesinde ve son kontrollerde katkı sağladığını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Arifin, R., & Sarno, R. (2018). Door automation system based on speech command and PIN using Android smartphone. *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*. May 06-07, Yogyakarta, Indonesia, 667-672. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT.2018.8350715>
- Douligeris, C. (1993). Intelligent home systems. *IEEE Communications Magazine*, 31(10), 52-61. <https://doi.org/10.1109/35.237984>
- Gupta, A. K., & Johari, R. (2019). IoT based electrical device surveillance and control system. *4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*. April 18-19, Ghaziabad, India, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IoT-SIU.2019.8777342>

- Güçül, G. N., & Saritaş, M. (2008). Akıllı ev sistemleri ve uygulaması. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, 25, 49-60.
- Hadis, M. S., Palantei, E., Ilham, A. A., & Hendra, A. (2018). Design of smart lock system for doors with special features using bluetooth technology. *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*. March 6-7, Yogyakarta, Indonesia, 396-400. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT.2018.8350767>
- Han, D., Kim, H., & Jang, J. (2017). Blockchain based smart door lock system. *International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*. October 18-20, Jeju, Korea (South), 1165-1167. <https://doi.org/10.1109/ICTC.2017.8190886>
- Hussein, N. A., & Al Mansoori, I. (2017). Smart door system for home security using Raspberry Pi3. *International Conference on Computer and Applications (ICCA)*. September 6-7, Doha, Qatar, 395-399. <https://doi.org/10.1109/COMAPP.2017.8079785>
- İlkbahar, F., Ünal Ş., Karakaya, A. T., & Bayram, E. (2021). Akıllı Ev Sistemleri Üzerine Bir Model Önerisi. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 12(45), 90-105.
- Jiang L., Liu D., & Yang B. (2004). Smart home research. *Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.04EX826)*. August 24-26, Shanghai, China, 659-663. <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2004.1382266>
- Karakoç, E., & Çeken, C. (2021). Black hole attack prevention scheme using a blockchain-block approach in SDN-enabled WSN. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 37(1), 37-49. <https://doi.org/10.1504/IJAHUC.2021.115125>
- Karakuş, K., Yeşilyurt, B., & Tamer, E. (2019). Sağlık sektöründe IoT uygulamalarının analitik ağ süreci yöntemi ile değerlendirilmesi. *Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(2), 86-92.
- Kim, D. & Kim, D. (2006). An Intelligent Smart Home Control Using Body Gestures. *International Conference on Hybrid Information Technology*. November 9-11, Cheju, Korea (South), 439-446. <https://doi.org/10.1109/ICHIT.2006.253644>
- Metlek, S., & Turker G. F. (2017). Preparation GSM controlled home automation system. *Int. Journal of Engineering Research and Application*, 7(9), 27-31.
- Park, Y. T., Sthapit, P., & Pyun, J. Y., (2009). Smart digital door lock for the home automation, *TENCON 2009-IEEE Region 10 Conference*. January 23-26, Singapore, 1-6. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2009.5396038>
- Rajadurai, S., Nehru, P. P., & Selvarasu, R. (2015). Android mobile based home security and device control using GSM. *International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIECS)*. March 19-20, Coimbatore, India, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICIECS.2015.7192980>
- Shanthini, M., Vidya, G., & Arun, R. (2020). Iot enhanced smart door locking system. *Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*. August 20-22, Tirunelveli, India, 92-96. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214288>
- Sine, Ö., & Koçyiğit, Y. (2020). İnternet üzerinden kontrol edilen tam otomasyonlu akıllı ev sistemleri için örnek bir uygulama. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(2), 521-532. <https://doi.org/10.24012/dumf.635296>
- Sowmya, G., Jyothi, G. D., Shirisha, N., Navya, K., & Padmaja, B. (2018). Iot based Smart Door lock system. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.6), 223-225.
- Stefanov, D. H., Bien, Z., & Bang, W. C. (2004). The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 12(2), 228-250.





## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Sıvı Fermente Gübrenin Tuz Stresi Altındaki Rokanın (*Eruca sativa* L. cv. Bengi) Çimlenmesine ve Bazı Büyüme Parametrelerine Etkisi

Leman Çetinkol<sup>1</sup> , Ashlhan Cesur Turgut<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemleri Anabilim Dalı, Burdur, Türkiye

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Burdur, Türkiye

\*Sorumlu yazar: acesur@mehmetakif.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 12/06/2023

Kabul tarihi: 22/06/2023

**Anahtar Kelimeler:** Çimlenme, *Eruca sativa*, roka, morfoloji, sıvı fermente gübre, tuz stresi

DOI: 10.55979/tjse.1313191

#### ÖZET

Bu çalışmada sıvı fermente gübre uygulamasının tuz stresi altında çimlendirilen rokanın tohum çimlenmesi ve bazı büyüme parametrelerine etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bitkisel materyal olarak roka (roket; *Eruca sativa* L. cv. Bengi) tohumları kullanılmıştır. Sıvı fermente gübre ile ön uygulama (1 saat) yapılan tohumlar tuz stresi bulunan petriyelerde yedi gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışma; üç tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl), dört ön uygulama (Saf su ve sıvı fermente gübre (%1, %5, %15)) ve üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. 7. günün sonunda çeşitli çimlenme ve büyüme parametreleri (güne bağlı çimlenme oranı (%), çimlenme-hipokotil oranı (%), radikula-hipokotil uzunluğu, taze-kuru ağırlık ve su içeriği (%)) bakımından incelenmiştir. Artan tuzluluğa bağlı olarak tohumlarda çimlenme oranları ve büyüme parametrelerinde azalma meydana gelmiştir. Bununla birlikte sıvı fermente gübre uygulamasının çimlenme oranı (%5 ön uygulamada), taze (%15 ön uygulama) ve kuru ağırlıkta (%1 ve %15 ön uygulama) olumlu etkileri gözlenmiştir. Çalışma sonucunda sıvı fermente gübre uygulamasının kısmen de olsa farklı parametrelerde ve farklı tuz seviyelerinde stresin etkilerini hafifletici rol oynadığı tespit edilmiştir.

### The Effect of Liquid Fermented Fertilizer Derived from Biogas Systems on Germination and Some Growth Parameters of Arugula (*Eruca sativa* L. cv. Bengi) Under Salt Stress

#### ARTICLE INFO

Received: 12/06/2023

Accepted: 22/06/2023

**Keywords:** Germination, *Eruca sativa*, arugula, morphology, liquid fermented fertilizer, salt stress

DOI: 10.55979/tjse.1313191

#### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of liquid fermented fertilizer application on germination and some growth parameters of arugula under salt stress conditions. Arugula (or rocket; *Eruca sativa* L. cv. Bengi) seeds were used as the plant material. Pre-treatment with liquid fermented fertilizer (1 hour) was applied to the seeds, which were then subjected to germination for seven days under salt stress conditions. The study was conducted with three salts (0, 75, and 150 mM NaCl), four pre-treatments (pure water and liquid fermented fertilizer at 1%, 5%, and 15% concentrations), and three replications. Various germination and growth parameters (percentage of germination over time, germination-hypocotyl percentage, radicle-hypocotyl length, fresh and dry weight, and water content percentage) were examined at the end of the 7<sup>th</sup> day. Depending on the increased salinity, the germination rates and growth parameters of the seeds decreased. However, positive effects of liquid fermented fertilizer application were observed on germination rate (5% pre-application), fresh (15% pre-application) and dry weight (1% and 15% pre-application). As a result of the study, it was determined that the application of liquid fermented fertilizers played a role in mitigating the effects of stress in partially different parameters and different salt levels.

#### 1. Giriş

Küresel ısınma, özellikle son yüzyılda bilimsel araştırmalarda ve tartışmalarda sıklıkla konu edilen ve tüm dünyayı çözüm arayışına sürüklemiş ana temalardan biridir. Küresel ısınmanın beraberinde getirdiği iklim değişikliği de pek çok açıdan (çevresel, sosyal, ekonomik, sağlık vb.) yaşamı tehdit etmekte ve bu olumsuz etkilerin giderek artacağı tahmin edilmektedir. Antropojenik etmenlerin iklim değişikliğine yol açan sıcaklık artışlarının esas nedeni olduğu kanıtlanmıştır (Demirbaş & Aydın, 2020). Kurak tarım alanlarda artan sıcaklık ve azalan yağışın etkisiyle tuz yıkanamayarak üst toprakta birikmektedir. Bu durum bitki köklerinin gelişimini sınırlamakta, bitkilerde abiyotik bir stres türü olan tuz

stresine neden olmaktadır (Dölerslan & Ebru, 2012). Tuzluluk hem kurak hem de yarı kurak ortamlarda tarımı tehdit eden önemli bir faktördür. Dünya çapında sulanan arazilerin %20'den fazlasını etkilemektedir ve tuzluluktan etkilenen arazi miktarı arttıkça dünya çapında üretilen gıdanın %40'ı artan tuz miktarlarından olumsuz etkilenmektedir. Tuz stresi, bir bitkinin biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik tepkilerinde değişikliklere yol açarak bitki büyümesinin, veriminin, biyokütlesinin ve kalitesinin düşmesine yol açmaktadır. Diğer yandan reaktif oksijen türlerinin birikmesine neden olarak muhtemel enzim inaktivasyonuna, DNA hasarına, lipid peroksidasyonuna, protein oksidasyonuna ve diğer temel bitki hücreleri bileşenleriyle etkileşime neden olmaktadır (Tabur & Demir, 2009; Cesur & Tabur, 2011; Kusvuran

vd., 2013; Demirbaş & Aydın, 2020). Bitkilerinin büyümesini ve verimini ciddi şekilde engelleyen tuz stresi, stresi hafifleten bileşiklerin dışarıdan uygulanması ile hafifletebilmektedir (Kabar, 1987; Yasir vd., 2021; Ahanger vd., 2019; Ahammed vd., 2018).

İklim değişikliğinin bahsedilen etkilerini azaltmak, bitki yetiştiriciliğinde riskten kaçınmak ve tarım topluluklarına sürdürülebilir geçim kaynakları sağlamak için gereklidir. İklim değişikliğine karşı bitki biyoçeşitliliğinden yararlanmak büyük öneme sahiptir. Ayrıca tek başına yoğun kimyasal gübre uygulamaları altında sürekli monokültür sistemi altındaki tarım arazilerinde verimliliğin yavaş yavaş düştüğü ve çevre kalitesinin de bozulduğu görülmektedir. Bu sorunların ışığında, tarım sektörünü sağlıklı ve uyumlu bir ekosistemin bileşeni haline getirmek için organik gübrelerin, biyogübrelerin ve diğer mikrobiyal ürünlerin kullanımı çok önemlidir (Polat & Okant, 2022). Son dönemlerde kimyasal gübrelerin hem pahalı hem de tehlikeli etkileri olması sebebiyle organik bileşik kullanımı giderek artmaktadır. Organik gübreler, toprak kompozisyonunun iyileşmesine, kalite ve verimin korunmasına yardımcı olan besin maddelerinin artmasını sağlamakta ve üstelik sentetik olanlara kıyasla daha ekonomik olmaktadır (Bidabadi vd., 2017). Genel olarak toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri, organik gübrenin ortama eklenmesini takiben iyileşmektedir. Toprağa organik atık eklemek toprağın sıcaklığını düzenlerken buharlaşmayı da azaltmaktadır. Aynı zamanda bitkinin köklerine giden stresi azaltır ve besin maddesi desteği sağlar, bu da üretimin artmasına neden olur (Ahmed vd., 2010). Ayrıca Leskovar & Othman (2018), organik gıdaların geleneksel gıdalardan önemli ölçüde daha besleyici olduğunu ve bunların daha az pestisit kalıntısı ve antibiyotiğe dirençli bakteri içerdiğini bildirmiştir. Organik gübrenin, antioksidan aktivitenin yanı sıra beta-karoten, flavonoidler, likopen ve fenol gibi meyve ve sebze biyoaktif bileşik içeriklerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Aina vd. 2019). Biyogaz tesisleri besin ve karbon döngüsünü sağlayan, aynı zamanda atık malzemelerden değer yaratan bir fabrika olarak tanımlanmaktadır (Arthurson, 2009; Theuerl vd., 2019). Anaerobik fermentasyon ile farklı kökenli organik atıkların değerlendirilebilmesi sürdürülebilirlik açısından avantaj yaratırken, proses sonunda katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesi ile finansal kazanç sağlanabilmektedir (Fagerström vd., 2018). Anaerobik fermente gübre, sürdürülebilir tarım faaliyetleri açısından kaliteli bir ürün olarak nitelendirilmektedir (Kumar vd., 2015; Baştabak, 2019).

*Eruca sativa* L., *Brassicaceae* familyasına ait tek yıllık bir bitki türüdür ve yaygın olarak roka veya roket olarak adlandırılmaktadır. Akdeniz bölgesi kökenli bir türdür ancak dünya genelinde yetiştirilmektedir. Genellikle kısa ömürlü bir bitki olarak kabul edilir ve hızlı büyüme yeteneğine sahiptir (Pita Villamil vd., 2002). Ülkemizde üretimi her geçen yıl artış gösteren rokada üretim miktarı 2020 yılında 13 645 ton olmuştur (TÜİK, 2021) ve bu miktar her geçen yıl artmaktadır. Kendine has acı ve keskin tada sahip yapraklarıyla tanınır ve dünya mutfaklarında çeşitli salatalar, sandviçler ve diğer yemekler için yeşillik olarak

kullanılmaktadır. *Brassicaceae* familyasına ait bitkilerin tümör oluşumunu engelleme, ülser önleme ve karaciğer sağlığını destekleme gibi çeşitli terapötik ve tıbbi özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Roka halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılan ve böbrek hastalıklarının tedavisinde çözüm olarak bilinen bir türdür. Glikozitler, mineral tuzları ve C vitamini içermektedir. Ayrıca salgı önleyici, hücre koruyucu, anti-kanser, anti-diyabetik ve anti-inflamatuar etkileri olduğu da gösterilmiştir (Jilani vd., 2015).

Bu çalışmada çeşitli seviyelerde sıvı fermente gübre ile ön uygulama yapılan roka tohumları tuz stresinde çimlendirilmiş ve 7. günün sonundaki çimlenme ve büyüme parametrelerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Farklı seviyelerde sıvı fermente gübre (SFG) uygulamalarının tuzlu koşullardaki rokada tohum çimlenmesi ve çimlenen fidelerde büyüme parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışma Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bitki materyali olarak *Eruca sativa* L. cv. Bengi tohumları kullanılmıştır. Uygulama yapılan SFG Seleda firmasından temin edilmiş, tuz (NaCl) ise Sigma-Aldrich'ten satın alınmıştır. Ticari olarak temin edilen fermente gübrenin içeriği % (W/W); organik madde (20), toplam azot (2), suda çözünür potasyum oksit (3), serbest amino asitler (2), Max EC (4 (ds/m)) ve pH (5-7) şeklinde beyan edilmiştir.

Tort & Türkyılmaz (2003)'a göre, toprak tuzluluğu ve tuzluluk stresi konusunda genellikle NaCl'den bahsedilmektedir. Bu nedenle, tuz stresi oluşturmak için sadece NaCl kullanılmıştır. Literatürde roka tohumları ile 0-350 mM NaCl seviyelerinde çeşitli çalışmalar yapıldığı gözlenmiştir (Fallahi vd., 2015; Hniličková vd., 2017). Bu seviyeler baz alınarak yapılan ön çalışma sonucunda çimlenmenin hafif ve orta düzeyde engellendiği 75 ve 150 mM tuz seviyeleri bu çalışma için seçilmiştir. Çalışma; üç tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl), dört ön uygulama (Saf su ve sıvı fermente gübre (%1, %5, %15)) ve üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Tohumlar ekimden önce yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuşlardır. Bunun için %1'lik sodyum hipokloritte 10 dakika tutulduktan sonra 5 defa saf su ile yıkanıp filtre kağıtları üzerinde oda sıcaklığında kurutulmuşlardır (Baltepe & Mert, 1973). Filtre kağıtları, petrilere ve diğer cam malzemeler etüvde kuru kuruya sterilize edilmiştir. Dolgun görünüşlü, az çok birbirine benzer büyüklükte tohumlar 1 (bir) saat saf su, %1 SFG, %5 SFG ve %15 SFG içeren beherlerde ön uygulama yapılmış, ardından 10'er ml saf su (kontrol grubu) veya 0, 75 ve 150 mM konsantrasyonlarda tuz çözeltileri içeren iki tabaka filtre kağıdı ile kaplı 12 cm çaplı petrilere yerleştirilip 20°C'ye ayarlı bitki büyüme kabiniinde sürekli karanlıkta 7 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Her bir uygulama için 25'er tohumla çalışılmıştır. 24 saatte bir çimlenme ile gövdecik (hipokotil) yüzdeleri saptanmış ve çimlenme kriteri olarak 5 mm kök esas alınmıştır. Çimlenme oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

(1) Çimlenme Oranı (%) = (Çimlenen Tohum Sayısı/ Toplam Tohum Sayısı) × 100 (Matthews & Khajeh-Hosseini, 2007)

Yedinci günün sonunda her uygulamaya ait çimlenme kriterine uyan fidelikler topluca tartılmışlardır. Bu toplam ağırlık, çimlenen tohum sayısına bölünerek bir fideliğin ortalama taze ağırlığı mg/fidelik olarak bulunmuştur. Kökçük uzunluğu belirlenirken kökçükle hipokotilin ayırım yerinden başlayarak kökçüğün ucuna kadar milimetrik bir cetvel yardımıyla ölçüm yapılmıştır (Bozcuk, 1978). Hipokotil uzunlukları da yine kökçükle hipokotilin ayırım yerinden yaprakların çıkış noktasına kadar ölçülmüştür. Ayrıca kuru ağırlığın belirlenmesi için, daha önceden taze ağırlığı belirlenen fidelikler etüvde 70°C'de sabit ağırlığa kavuşuncaya kadar kurutulmuş ve toplam ağırlık, fidelik sayısına bölünerek bir fideliğin ortalama kuru ağırlığı mg/fidelik olarak bulunmuştur. Ardından taze ve kuru ağırlık değerleri üzerinden su içeriği hesaplanmıştır. Yüzde su içeriği (Sİ) hesaplaması kuru ağırlık (KA) ya da taze ağırlık (TA) cinsinden yapılabilmektedir. Bu çalışmada hesaplamalar taze ağırlık üzerinden yapılmıştır.

(2) % Sİ<sub>(TA)</sub> = [(TA-KA) / TA] x 100 (Turner, 1981)

Üç tekrarlı olarak yürütülen deneylerden elde edilen verilerin varyans analizleri yapıldıktan sonra, ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistik önemleri SPSS (IBM-SPSS Inc. USA) 25.0 sürümünde Duncan (P<0.05) Çoklu Karşılaştırma Testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiş ve değerler "ortalama ± SD" olarak çizelgede verilmiştir (Efe vd., 2000).

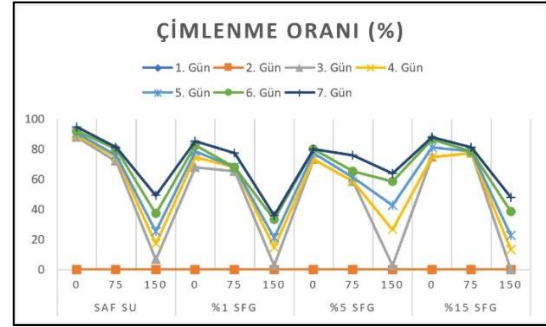
### 3. Bulgular ve Tartışma

Sıvı fermente gübre (SFG) ile 1 saat ön uygulama yapılan roka tohumları tuz stresi bulunan petrielerde yedi gün boyunca karanlıkta çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışma; üç tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl), dört ön uygulama (saf su ve sıvı fermente gübre (%1, %5, %15)) ve üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. 7. günün sonunda çeşitli çimlenme ve büyüme parametreleri (güne bağlı çimlenme oranı (%), çimlenme-hipokotil oranı (%), radikula-hipokotil uzunluğu, taze-kuru ağırlık ve su içeriği (%)) ölçülmüştür.

#### 3.1. Zamana bağlı çimlenmeye SFG ön uygulaması ve tuz stresinin etkileri

Tuz stresine maruz kalan tohumların zamana bağlı çimlenmeleri üzerine sıvı fermente gübrenin etkileri Şekil 1. ve Çizelge 1.'de sunulmuştur.

Tüm ön uygulama gruplarında tuz stresi artışına bağlı olarak tohum çimlenmesinin geciktiği ve azaldığı gözlenmiştir. Örneğin kontrol grubunun 3. Günde ulaştığı %88 çimlenme oranına tuz uygulaması olsun ya da olması herhangi bir grubun 7. Günde ulaşamadığı görülmektedir. İlginç olan fermente gübre ön uygulaması (%1, %5 ve %15) olan gruplarda tuz stresi olmayan (0 mM) ortamda saf su (kontrol) grubuna göre çimlenmeyi geciktirdiği ve düşürdüğü gözlenmiştir (Çizelge 1). Tuz stresinin çimlenmeyi geciktirici etkileri literatürle uyumludur (İbrahim, 2016; Kuşçu vd., 2018).



Şekil 1. Tuz stresinde çimlenen roka tohumlarına sıvı fermente gübre ön uygulamasının zamana bağlı etkisi  
Figure 1. Time-dependent effect of liquid fermented fertilizer pre-application on arugula seeds germinating under salt stress.

Zamana bağlı çimlenme yüzdesinde farklı tuz seviyelerinde sıvı fermente gübre etkisi incelendiğinde 75 mM'da %15 SFG uygulamasının saf su ön uygulamasına kıyasla olumlu etki yaptığı gözlenmiştir. 3. Gün çimlenmeleri incelendiğinde %15 SFG uygulaması %7.4'luk bir artışa neden olmuştur. Bu olumlu etki 6. Güne kadar devam etmiş ve 7. Günde nihai çimlenme yüzdesinde durum eşitlenmiştir. Ancak 7. Günde dahi kontrole ait çimlenme oranına her iki grup da erişememiştir. 150 mM'da ise nihai çimlenme yüzdesi en yüksek %5 SFG uygulamasında bulunmuştur. 4. Günde %5 SFG etkisi ile çimlenme ani bir yükseliş göstermiştir. 150 mM grupları içinde tüm gruplardaki çimlenmeyi geride bırakmış ve nihai çimlenme yüzdesinde saf su ön uygulamasından %29.8 daha fazla çimlenme oranıyla en başarılı grup olmuştur. Bununla birlikte 75 mM'da olduğu gibi kontrol grubunun çimlenme oranına hiçbir grup erişememiştir.

Tohum çimlenmesi ve fide çıkış performansı çeşitli olumsuz çevresel ve içsel faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler, tohumun fiziksel yapısı, tohumun yaşının ve sağlığının yanı sıra çevresel koşullar, su, ışık, sıcaklık, pH düzeyi ve diğer büyüme faktörleri gibi etkenlerle ilgili olabilir. Tohumların çimlenme ve fide çıkış performansını artırmak için çeşitli ön işlem uygulamaları kullanılabilir. Bunlar arasında tohumların doğru depolanması, uygun nem düzeyinde tutulması, tohumlara düşük sıcaklık veya yüksek sıcaklık şokları uygulanması, tohumların zararlı organizmalardan arındırılması, besin çözeltisiyle tohumların beslenmesi gibi yöntemler yer almaktadır. Bu ön işlem uygulamaları, tohumların çimlenme oranını artırarak daha hızlı ve daha sağlıklı fide çıkışı sağlamaya yardımcı olabilir. Böylece, verim ve kalite üzerinde olumsuz etkileri azaltılarak daha başarılı bir bitki yetiştirme süreci sağlar. Önemli fizyolojik uygulamalardan biri olan tohum ıslatma ön işlemi, tohum metabolik aktivitesinin teşvik edilmesi için kökçük çıkışına izin vermeden tohumun sıvı içerisinde bir süre bekletilmesi olarak tanımlanmaktadır (Heydecker & Gibbins 1978; Pill ve Necker, 2001; Kenanoğlu, 2016). Zhao vd, (2014), anaerobik fermente gübreyi, tohum (*Vicia faba*) ön işleminde kullanılmış, çimlenme ve fide büyümesinde pozitif etki gösterdiği belirtmiştir. Bizim bulgularımız da sıvı fermente gübrenin stres varlığında çimlenme oranlarına yaptığı pozitif etkiyi desteklemektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuz stresinde çimlendirilen roka tohumlarının zamana bağlı çimlenme yüzdelere sıvı fermente gübre ön uygulamalarının etkisi

Table 1. Effect of liquid fermented fertilizer pre-applications on time-dependent germination percentages of arugula seeds germinated under salt stress

		Çimlenme (%)						
Ön Uyg	NaCl (mM)	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün
Saf Su	Kontrol (0)	-	-	88.0d* ± 8.0	89.3e ± 6.1	90.7e ± 4.6	92.0e ± 4.0	94.7d ± 2.3*
	75	-	-	72.0c ± 12.0	74.7d ± 12.9	76.0d ± 13.9	80.0de ± 10.6	81.3cd ± 8.3
	150	-	-	6.7a ± 4.6	17.3ab ± 8.3	25.3a ± 12.2	37.3a ± 8.3	49.3a ± 8.3
%1 SFG	0	-	-	68.0bc ± 4.0	74.7d ± 4.6	78.7de ± 8.3	82.7e ± 6.1	85.3cd ± 8.3
	75	-	-	65.3bc ± 6.1	68.0cd ± 4.0	68.0bcd ± 4.0	68.0bc ± 4.0	77.3bc ± 2.3
	150	-	-	2.7a ± 2.3	14.7a ± 2.3	21.3a ± 2.3	33.3a ± 8.3	36.0a ± 8.0
%5 SFG	0	-	-	73.3c ± 8.3	73.3d ± 8.3	77.3de ± 8.3	80.0de ± 10.6	80.0c ± 10.5
	75	-	-	58.7b ± 2.3	58.7c ± 2.3	61.3c ± 2.3	65.3bc ± 4.6	76.0bc ± 4.0
	150	-	-	2.7a ± 4.6	26.7b ± 4.6	42.7b ± 8.3	58.7b ± 12.2	64.0b ± 12.0
%15 SFG	0	-	-	74.7c ± 11.5	74.7d ± 4.6	81.3de ± 2.3	86.7e ± 2.3	88.0c ± 0.0
	75	-	-	77.3cd ± 4.6	77.3d ± 4.6	78.7de ± 6.1	78.7cde ± 6.1	81.3cd ± 10.0
	150	-	-	0.0a ± 0.0	13.3a ± 2.3	22.7a ± 4.6	38.7a ± 6.1	48.0a ± 8.0

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p < 0.05$ ) düzeyinde önemsizdir.

### 3.2. Morfolojik parametrelere SFG ön uygulaması ve tuz stresinin etkileri

Farklı oranlardaki sıvı fermente gübre uygulamalarının, tuz stresinde çimlenen roka fideliklerinin bazı morfolojik parametrelerine etkisi Çizelge 2 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Çimlenme ve hipokotil oranlarına (%) ait veriler incelendiğinde, ön uygulama gruplarının tümünde beklenen şekilde tuz seviyesi artışına bağlı, istatistiksel bakımdan anlamlı olan düzenli bir azalma dikkati çekmektedir (Şekil 2). Tüm gruplar değerlendirildiğinde en yüksek yüzdelik değer 94.7 ile kontrol (saf su-0 mM) grubuna, en düşük değer ise %36 ile %1 SFG-75 mM'a ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar; SFG uygulamalarının (%1, %5 ve %15) tuz stresini tamamen yenip çimlenme ve hipokotil oranlarını kontrol seviyesine taşıyamadığını göstermektedir. Ancak tüm ön uygulama gruplarının 150 mM tuzlulukta çimlenme ve hipokotil oranları (%) değerlendirildiğinde SFG'nin (%5) stresi hafifletici bazı etkileri gözlenmiştir. Bu bulgular da literatürde yer alan SFG'nin çimlenmeye yaptığı olumlu etkileri destekler niteliktedir. (Phibunwatthanawong & Riddech, 2019; Hepsibha & Geetha, 2019). Tüm uygulama gruplarının etkisi 150 mM tuz seviyesinde kıyaslandığında, çimlenme oranı en yüksek %5 SFG'de tespit edilmiştir. Saf su ön uygulamasının ardından 150 mM'a maruz bırakılan tohumlarda %49.3 çimlenme olurken, %5 SFG ardından 150 mM'da çimlendirilen tohumlarda bu oran önemli bir fark atarak %64 olmuş (%29.8 artış) ve bu değer

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu olumlu etkisine rağmen SFG ön uygulaması tohumları stressiz bir ortam seviyesine taşıyamamıştır. Hipokotil yüzdesinde ise hiçbir ön uygulama stresi hafifletme konusunda istatistiksel bakımdan anlamlı bir etki ortaya koyamamıştır.

Radikula ve koleoptil uzunlukları tuz stresi etkisi ile düzenli bir azalma göstermiştir (Şekil 2). Tüm değerler incelendiğinde en yüksek değere kontrol (saf su-0 mM)'de rastlanmıştır. SFG ön uygulamaları ile zaman zaman sayısal artışlar gözlenirse de bunlar istatistiksel bakımdan anlamlı bulunmamış yani SFG çimlenme ve hipokotil yüzdesinde yakaladığı başarıyı burada gösterememiştir. Örneğin hipokotil uzunluğunda SFG ön uygulamaları stressiz ortamda (sırası ile 4.1, 4.0 ve 4.2 cm), saf su ön uygulamasına (3.9 cm) kıyasla bir artışa neden olmuştur. Ancak bu istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Kökler, tuzla ilk temas eden kısımlar olduğundan ve tuza duyarlılığı yüksek olduğundan birincil hedef olabilirler ve literatürde kök uzamasını engelleyici etkilere sıklıkla rastlanmaktadır (Liu vd., 2014). Bulgularımız hem radikula hem de koleoptilde tuzluluğun sert etkilerini göstermektedir. Bitki gelişimi üzerine fermente gübrenin olumlu etkilerine (Fagerström vd., 2018) literatürde rastlanmakla birlikte bizim de bulgularımızda gözlediğimiz gibi etkisini ortaya koyamayan SFG uygulamalarına da rastlamak mümkündür (Duan, 2013).

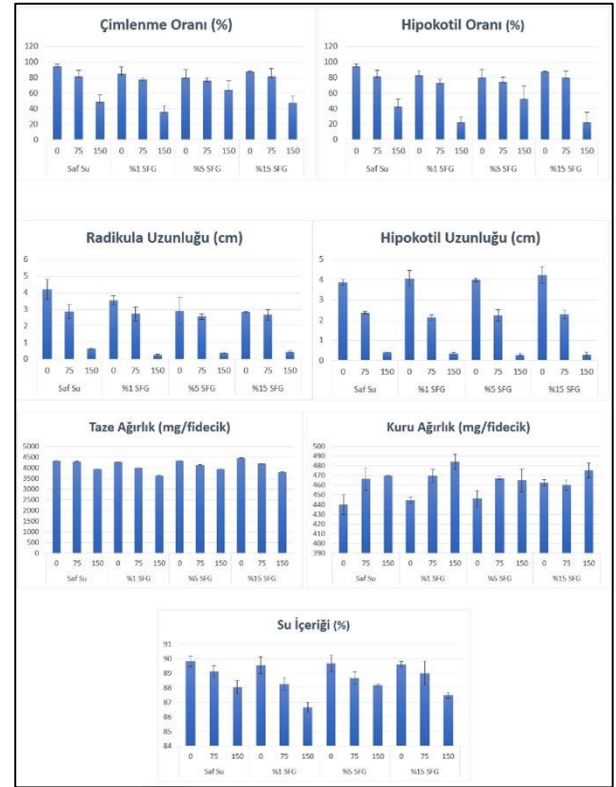
Çizelge 2. Sıvı fermente gübre uygulamasının tuz stresinde çimlenen roka fidiciklerindeki bazı morfolojik parametrelere etkisi

Table 2. The effect of liquid fermented fertilizer application on some morphological parameters of arugula seedlings germinated under salt stress

Ön Uyg	NaCl (mM)	Büyüme Parametreleri						
		Çimlenme (%)	Hipokotil (%)	Radikula Uzunluğu (cm)	Hipokotil Uzunluğu (cm)	Taze Ağırlık (mg/fidicik)	Kuru Ağırlık (mg/fidicik)	Su İçeriği (%)
Saf Su	Kontrol (0)	94.7d ± 2.3*	94.7d ± 2.3	4.2d ± 0.6	3.9c ± 0.2	4333de ± 251	440.0a ± 10.0	89.8f ± 0.4
	75	81.3cd ± 8.3	81.3cd ± 8.3	2.9b ± 0.4	2.4b ± 0.2	4300cde ± 173	466.7bc ± 11.5	89.1ef ± 0.4
	150	49.3a ± 8.3	42.7b ± 9.2	0.6a ± 0.1	0.4a ± 0.0	3933abc ± 230	470.0bc ± 0.0	88.0bc ± 0.5
%1 SFG	0	85.3cd ± 8.3	82.7cd ± 6.1	3.6c ± 0.3	4.1c ± 0.4	4266cde ± 230	444.7a ± 2.6	89.6f ± 0.6
	75	77.3bc ± 2.3	73.3c ± 4.6	2.7b ± 0.4	2.1b ± 0.4	4000bcd ± 100	469.7bc ± 6.9	88.3bcd ± 0.4
	150	36.0a ± 8.0	22.7a ± 6.1	0.2a ± 0.1	0.3a ± 0.1	3633a ± 57	484.4d ± 7.8	86.7a ± 0.3
%5 SFG	0	80.0c ± 10.5	80.0cd ± 10.5	2.9b ± 0.8	4.0c ± 0.1	4333de ± 321	446.2a ± 8.2	89.7f ± 0.6
	75	76.0bc ± 4.0	74.7c ± 6.1	2.6b ± 0.2	2.2b ± 0.3	4133bcde ± 152	467.4bc ± 1.6	88.7cde ± 0.4
	150	64.0b ± 12.0	52.7b ± 16.8	0.4a ± 0.1	0.3a ± 0.1	3933abc ± 115	464.9bc ± 11.7	88.2bc ± 0.1
%15 SFG	0	88.0cd ± 0.0	88.0cd ± 0.0	2.8b ± 0.1	4.2c ± 0.4	4466e ± 57	462.7bc ± 3.3	89.6f ± 0.2
	75	81.3cd ± 10.0	80.0cd ± 8.0	2.7b ± 0.3	2.3b ± 0.2	4200cde ± 346	460.2b ± 5.3	89.0def ± 0.8
	150	48.0a ± 8.0	22.7a ± 12.9	0.4a ± 0.1	0.3a ± 0.1	3800ab ± 0	475.5cd ± 7.9	87.5b ± 0.2

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (p<0.05) düzeyinde önemsizdir.

Taze, kuru ağırlık ve su içeriğinde tuz stresine bağlı düzenli azalmalar burada da karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2). Bununla birlikte bazı etkiler dikkati çekmektedir. Taze ağırlıkta SFG uygulamalarının tuz stresini hafifletmekte yetersiz kaldığı ancak stressiz ortamda kontrolde 4 333 mg/fidicik olan değer %15 SFG ön uygulaması ile 4 466 mg/fidicik'e yükseldiği tespit edilmiştir. İstatistiksel bakımdan anlamlı başka bir etkiye rastlanmamıştır. Kuru ağırlıkta kontrole kıyasla %15 SFG (0 mM) anlamlı bir artış gösterirken, %1 ve %15 SFG, saf su ön uygulamasına kıyasla 150 mM'da anlamlı bir artış göstermiştir. Su içeriğinde (%) de tuz stresine etkisi ile düzenli azalma gözlenmiştir (Şekil 2) ancak stres ortamında SFG uygulamalarının istatistiksel bakımdan anlamlı bir hafifletici etkisine rastlanmamıştır. Bitkide çeşitli çevresel stresler varlığında (Zeevaart & Creelman, 1988; Jia vd., 2002; Borsani vd., 2003) artış gösteren abisik asit başta çimlenme olmak üzere kök ve gövde uzaması, taze ağırlık, kuru ağırlık, bitkinin su içeriği gibi (Schopfer vd., 1979; Bray, 1988; Kabar, 1997) pek çok büyüme ve gelişme parametresinde azalmaya sebep olmaktadır. Toprakta artan tuzluluk, bitki su alımını azaltıcı veya zamanla engelleyici etki yapmakta ve bu durum da ürün miktarı ve kalitesinde azaltmaya sebep olmaktadır (Kamber vd., 1992). Hücre uzamasına ve bölünmesine direkt etki eden tuz stresine; bitki ağırlığında ve kök ile gövdenin büyüme hızında azalmaya neden olmaktadır (Çulha & Çakırlar, 2011). Taze ağırlıkta ve su içeriğinde tuz stresine bağlı olarak gözlediğimiz azalma bu anlamda literatürü destekler niteliktedir (Çizelge 2).



Şekil 2. Sıvı fermente gübre uygulamasının tuz stresinde çimlenen roka fidiciklerindeki bazı morfolojik parametrelere etkisi

Figure 2. The effects of liquid fermented fertilizer application on some morphological parameters of arugula seedlings germinated under salt stress.

#### 4. Sonuç

Yapılan çalışmada; SFG ön uygulamasının (%1, %5 ve %15) ardından tuz stresine (0, 75 mM ve 150 mM) maruz bırakılan rokada çimlenme ve büyüme parametreleri incelenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, tuz stresine konsantrasyon artışına bağlı olarak, tüm ön uygulamalarda, hemen hemen bütün (kuru ağırlık hariç) parametrelerde azalmaya sebep olmuştur. Bununla birlikte SFG ön uygulamalarının zaman zaman stresin

etkilerini hafiflettiği durumlara da rastlanmıştır. SFG (%5, 150 mM)'da güne bağlı çimlenme oranı, çimlenme (%) ve hipokotil (%)'de olumlu etkiler yaptığı ancak bu başarıyı radikula ve hipokotil uzunluklarında gösteremediği tespit edilmiştir. Bazı gruplarda uzunluk artışları gözlenmiş ancak bunlar istatistiksel bakımdan anlamlı olmamıştır. Taze ağırlıkta SFG stresi hafifletememiş ancak kuru ağırlıkta (%1 ile %15 SFG, 150 mM) saf su ön uygulamasına kıyasla anlamlı artışlar dikkati çekmiştir. Su içeriği (%)'nde ise SFG'nin tuz stresinin olumsuz etkisini hafifletemediği gözlenmiştir.

Yoğun gübre kullanımı ve iklim değişikliğinin de etkisiyle tarım alanlarında artan tuz stresine yönelik fermente gübre benzeri ön uygulamalar pestisit ve kimyasal kullanımını sınırlayarak tarıma sürdürülebilirliğin yanı sıra ekolojik ve ekonomik bir değer de katmaktadır. Yararlı ön uygulamalar sayesinde bitkiler; tuzluluk, kuraklık gibi abiyotik streslere rağmen sağlıklı bir şekilde çimlenip, büyüyüp, gelişebilmekte ve böylece olası hastalık ve zararlıların etkilerine karşı korunabilmektedir. Yaptığımız bu çalışmada; tuz stresinin olumsuz etkilerini çimlenmede kısmen hafifleten sıvı fermente gübrenin büyüme parametreleri üzerinde aynı oranda başarı sağlayamadığı gözlenmiştir. Çalışmanın daha uzun bir periyotta aynı bitki ya da farklı bitkilerle yapılması, ilave morfolojik, anatomik ve biyokimyasal parametrelerin de eklenmesi ile daha efektif sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

**5. Teşekkür:** Bu çalışma 0898-YL-23 no'lu yüksek lisans tez projesinden üretilmiş ve proje Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

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

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** Araştırmanın planlanması ve yürütülmesini L.Ç. ve A.C.T. birlikte yaptıklarını, makalenin istatistik analizini A.C.T. ve yazım aşamalarını L.Ç. ve A.C.T. birlikte yaptıklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

Ahamed, G. J., Li, Y., Li, X., Han, W. Y., & Chen, S. (2018). Epigallocatechin-3-gallate alleviates salinity-retarded seed germination and oxidative stress in tomato. *Journal of plant growth regulation*, 37, 1349-1356. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9849-0>

Ahanger, M. A., Aziz, U., Alsahli, A. A., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2019). Influence of exogenous salicylic acid and nitric oxide on growth, photosynthesis, and ascorbate-glutathione cycle in salt stressed *Vigna angularis*. *Biomolecules*, 10(1), 42. <https://doi.org/10.3390/biom10010042>

Ahmed, M. A., Ibrahim, O. M., & Elham, A. B. (2010). Effect of bio and mineral phosphorus fertilizer on the growth, productivity and nutritional value of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) in Newly Cultivated Land. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 339-48.

Aina, O. E., Amoo, S. O., Mugivhisa, L. L., & Olowoyo, J. O. (2019). Effect of organic and inorganic sources of nutrients on the bioactive compounds and antioxidant activity of tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 3681-3694. [http://dx.doi.org/10.15666/aer/1702\\_36813694](http://dx.doi.org/10.15666/aer/1702_36813694)

Arthurson, V. (2009). Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land-

potential benefits and drawbacks. *Energies*, 2(2), 226-242. <https://doi.org/10.3390/en20020226>

Baltepe, Ş., & Mert, H. (1973). Cucurbita Türlerinin Hipokotil Büyümesi üzerine Giberellik Asit ve İndol Asetik asitin etkileri. *Tübitak IV. Bilim Kongresi*, Ankara.

Baştabak, B. (2019). *Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Fermente Gübrenin Marul Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimine Etkilerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Bidabadi, S. S., Dehghanipoodeh, S., & Wright, G. C. (2017). Vermicompost leachate reduces some negative effects of salt stress in pomegranate. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6, 255-263. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0173-7>

Borsani, O., Valpuesta, V., Botella, M. A. (2003). Developing Salt Tolerant Plants in a New Century: A Molecular Biology Approach. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73(2), 101-115. <https://doi.org/10.1023/A:1022849200433>

Bozcuk, S. (1978). *Domates (Lycopersicon esculentum Mill.), arpa (Hordeum vulgare L.) ve pamuk (Gossypium hirsutum L.) bitkilerinin büyüme ve gelişmesinde tuz-kinetin etkileşimi üzerinde araştırmalar*. (Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi)

Bray, E. A. (1988). Draught- and ABA-induced Changes in Polypeptide and mRNA Accumulation in Tomato Leaves. *Plant Physiology*, 88(4), 1210-1214. <https://doi.org/10.1104/pp.88.4.1210>

Cesur, A., & Tabur, S. (2011). Chromotoxic effects of exogenous hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in barley seeds exposed to salt stress. *Acta physiologiae plantarum*, 33, 705-709. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0594-7>

Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34.

Demirbaş, M., & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0143>

Dölerslan, M., & Ebru, G. (2012). Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2, 56-59.

Duan, E. (2013). *Bazı deniz makroalglerinden (Ulva sp. Cystoseira sp. ve Corallina sp.) fermente sıvı organik gübre üretimi ve taze fasulye (Phaseolus vulgaris) verimine etkisinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Efe, E., Bek, Y., & Şahin, M. (2000). SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II, No. 10.

Fallahi, H. R., Fadaeian, G., Gholami, M., Daneshkhan, O., Hosseini, F. S., Aghavani-Shajari, M., & Samadzadeh, A. (2015). Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. *Plant Breeding and Seed Science*, 71(1), 97. <https://doi.org/10.1515/plas-2015-0025>

Fagerström, A., Al Seadi, T., Rasi, S., & Briseid, T. (2018). The role of anaerobic digestion and biogas in the circular economy. 24s.

Hepsibha, B. T., & Geetha, A. (2019). Physicochemical characterization of traditionally fermented liquid manure from fish waste (Gunapaselam). *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 18(4), 830-836.

Heydecke, W., & Gibbins, B. M. (1978). The priming of seeds. [Conference paper]. *Acta Horticulturae (Netherlands)*, no. 83.

Hnilčková, H., Hnilčeka, F., Martinkova, J., & Kraus, K. (2017). Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. *Plant, Soil and Environment*, 63(8), 362-367. <https://doi.org/10.17221/398/2017-PSE>

Ibrahim, E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>

Jia, W., Wang, Y., Zhang, S., Zhang, J. (2002). Salt-stress-Induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. *Journal of Experimental Botany*, 53(378), 2201-2206. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf079>

Jilani, M. I., Ali, A., Rehman, R., & Nisar, S. S. S. (2015). Health benefits of Arugula: A review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 8, 65-70.

Kabar, K. (1987). Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination. *Journal of Plant*

- Physiology*, 128(1-2), 179-183. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(87\)80193-1](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(87)80193-1)
- Kabar, K. (1997). Comparison of Reversal of Abscisic Acid-induced Inhibition of Seed Germination and Seedling Growth of Some *Gramineae* and *Liliaceae* Members by Kinetin and Gibberellic Acid. *Turkish Journal of Botany*, 21, 203-210.
- Kanber, R., Kırda, C., & Tekinel, O. (1992). Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları. *ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın*, 21.
- Kenanoğlu, B. B. (2016). Tohumların çimlendirilmesinde farklı organik ön çimlendirme (Ozmotik Koşullandırma) uygulamalarının kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi*, 21, 124-134.
- Kumar, S., Malav, L. C., Malav, M. K., & Khan, S. A. (2015). Biogas slurry: source of nutrients for eco-friendly agriculture. *International Journal of Extensive Research*, 2(2), 42-46.
- Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S., & Polat, Z. (2013). Applications of salt and drought stress on the antioxidative enzyme activities and malondialdehyde content in callus tissues of pumpkin genotypes. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 496-500.
- Kuşcu, H., Çayğaracı, A., & Ndayizeye, J. D. D. (2018). Tuz stresinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 89-99.
- Leskovic, D., & Othman, Y. A. (2018). Organic and conventional farming differentially influenced soil respiration, physiology, growth and head quality of artichoke cultivars. *Journal of soil science and plant nutrition*, 18(3), 865-880. <https://doi.org/10.4067/S071895162018005002502>
- Liu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Cui, J., Chen, G., Xie, B., & Liu, H. (2014). Synergistic and antagonistic effects of salinity and pH on germination in switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *PloS one*, 9(1), e85282. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085282>
- Matthews, S., & Khajeh-Hosseini, M. (2007). Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35: 200-212. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.1.18>
- Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 369-380. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0257-7>
- Pill, W. G., Necker, A. D. (2001). The effects of seed treatments on germination and establishment of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Seed Science and Technology*, 29, 65-72.
- Pita Villamil, J. M., Perez-Garcia, F., & Martinez-Laborde, J. B. (2002). Time of seed collection and germination in rocket, *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (Brassicaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49, 47-51. <https://doi.org/10.1023/A:1013875614186>
- Polat, T., & Okant, M. (2022). Tarımda son trendler tasarlama. Ankara. 296s.
- Schopfer, P., Bajracharya, D., Plachy, C. (1979). Control of Seed Germination by Abscisic Acid: I. Time Course of Action in *Sinapis alba* L. *Plant Physiology*, 64(5), 822-827. <https://doi.org/10.1104/pp.64.5.822>
- Tabur, S., & Demir, K. (2009). Cytogenetic response of 24-epibrassinolide on the root meristem cells of barley seeds under salinity. *Plant Growth Regulation*, 58, 119-123. <https://doi.org/10.1007/s10725-008-9357-5>
- Theuerl, S., Herrmann, C., Heiermann, M., Grundmann, P., Landwehr, N., Kreidenweis, U., & Prochnow, A. (2019). The future agricultural biogas plant in Germany: A vision. *Energies*, 12(3), 396. <https://doi.org/10.3390/en12030396>
- Tort, N., Türkyılmaz, B. (2003). Physiological Effects of NaCl on Two Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Turkish Journal Of Field Crops*, 8, 68-75.
- Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil*, 58(1-3), 339-366.
- TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Yasir, T. A., Khan, A., Skalicky, M., Wasaya, A., Rehmani, M. I. A., Sarwar, N., Mubeen, K., Aziz, M., Hassan, M. M., Hassan, F. A. S., Iqbal, M. A., Brestic, M., Islam, M. S., Danish, S., & El
- Sabagh, A. (2021). Exogenous Sodium Nitroprusside Mitigates Salt Stress in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) by Affecting the Growth, Yield, and Biochemical Properties. *Molecules*, 26(9), 2576. <https://doi.org/10.3390/molecules26092576>
- Zeevaart, J. A., & Creelman, R. A. (1988). Metabolism and physiology of abscisic acid. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 39(1), 439-473.
- Zhao, Y., Yang, Q. S., Yang, S., Zhao, H. M., Duan, Q. S., Yang, Y. X., & Qin, X. D. (2014). Effects of biogas slurry pretreatment on germination and seedling growth of *Vicia faba* L. *Advanced Materials Research*, 955, 208-212. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.955-959.208>



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Derim Öncesi Salisilik Asit ve Kalsiyum Klorür Uygulamalarının ‘J.H. Hale’ Şeftali Çeşidinin Derim Zamanında Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri

Derya Erbaş<sup>1\*</sup>

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

\*Sorumlu yazar: deryaerbas@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 14/06/2023

Kabul tarihi: 21/06/2023

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan aktivite, Kalsiyum klorür, Meyve kalitesi, *Prunus persica*

DOI: 10.55979/tjse.1314331

#### ÖZET

Çalışmada hasat öncesi salisilik asit (SA) ve kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>) uygulamalarının ‘J.H. Hale’ şeftali çeşidinin derim anındaki meyve kalitesi ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla derim tarihinden 3 ve 2 hafta önce farklı doz ve kombinasyonlarda CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamaları yapılmıştır. Ticari derim tarihinde toplanan meyvelere bazı fiziksel ve biyokimyasal analizler yapılmıştır. SA uygulamalarının meyve iriliği üzerine olumlu etkilerinin olduğu, bu etkilerin CaCl<sub>2</sub> ile kombineli olarak uygulandığında daha belirgin şekilde ortaya tespit edilmiştir. Kombine uygulamaların (SA+CaCl<sub>2</sub>) meyve eti sertliğini artırdığı saptanmıştır. Bütün uygulama gruplarının askorbik asit, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite miktarlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kombine olarak yapılan SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamaları renk pigmentlerinin birikiminin geciktirilmesinde etkili bulunmuştur. Sonuç olarak derim öncesi uygulanan SA ve CaCl<sub>2</sub>’nin ‘J.H. Hale’ şeftali çeşidinin kalitesinin artırılmasında etkili olduğu ve bu etkinin kombineli olarak uygulanmasıyla daha da artırılabilceği belirlenmiştir.

### Influences of Salicylic Acid and Calcium Chloride Treatments on Fruit Quality of Peach cv. J.H. Hale at Harvest Time

#### ARTICLE INFO

Received: 14/06/2023

Accepted: 21/06/2023

**Keywords:** Antioxidant activity, Calcium chloride, Fruit quality, *Prunus persica*

DOI: 10.55979/tjse.1314331

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of pre-harvest salicylic acid (SA) and calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>) treatments on the fruit quality and biochemical properties of peach cv. J.H. Hale at the harvest. CaCl<sub>2</sub> and SA were sprayed on the trees 3 and 2 weeks before the estimated harvest date at different doses and combinations. Some physical and biochemical analyses were performed on the fruit which were picked at the commercial harvest time. SA treatments had positive effects on fruit size and these effects were more significant when it was used in combination with CaCl<sub>2</sub>. It was determined that the combined treatments (SA+CaCl<sub>2</sub>) increased the fruit flesh firmness. All treatment groups had higher ascorbic acid content, total phenolic content and total antioxidant activity values than the control group. The combination treatment of SA and CaCl<sub>2</sub> was found to be effective in retarding the accumulation of color pigments. As a result, it was concluded that pre-harvest treatment of SA and CaCl<sub>2</sub> was effective in improving the quality of ‘J.H. Hale’ peach cultivar and this effect could be increased even more with the combined treatment.

#### 1. Giriş

Ilıman iklim meyveler grubunda yer alan şeftalinin (*Prunus persica* L.) Dünya çapında yaygın olarak üretimi yapılmaktadır. Türkiye çok farklı ekolojilere sahip olduğu için çok erkenciden çok geççiye kadar birçok şeftali çeşidinin yetiştirilmesine ve uzun süre pazarda ürün bulunmasına imkân sağlamaktadır (Bayazit vd., 2012). Ancak şeftaliler, derim öncesi, derim ya da derim sonrası dönemlerde çeşitli fizyolojik ve patolojik bozukluklara oldukça hassas olduğu için çok hızlı kalite kaybı yaşamakta ve bu durumda raf ömrünü kısaltmaktadır. Bahçe ürünlerinde depolama ve raf ömründe başarılı olmanın en önemli faktörlerinden birisi hasat kalitesidir (Erkan & Dogan, 2019). Bunun yanı sıra son yıllarda tüketicilerin kaliteli ürün talebindeki artışı üreticileri ürün kalitesini artırıcı alternatif uygulamalara yöneltmiştir. Üretim ve tüketiminin fazla olan bu meyve türünde, derim zamanındaki meyve kalitesini artırıcı uygulamalar önem kazanan konular arasında yer almıştır.

Meyve yetiştiriciliğinde kalite, çeşit, anaç, iklim, kültürel işlemler (sulama, budama vb.) gibi birçok faktöre bağlıdır (Ali vd., 2014). Ayrıca derim öncesi yapılan bazı uygulamaların da meyve kalitesi artırdığı bilinmektedir. Şeftalilere derimden hemen önce bazı bitki büyüme düzenleyicilerin ya da bazı kimyasal maddelerin uygulanmasının kalite özellikleri üzerine olumlu etki ettiği bildirilmiştir (Noppakoonwong vd., 2005).

Derim öncesi uygulandığında kalite özellikleri üzerine olumlu etki ettiği bilinen bitki büyüme düzenleyicilerden birisi de salisilik asittir (SA). SA’nın bitkilerde birçok fizyolojik sürecin düzenlenmesinde görev alan bitki fenoliklerinin bir grubu olduğu ve bitkilerden elde edilen doğal maddelerden olduğu bildirilmiştir (Koyuncu vd., 2018). SA’nın derim öncesi ya da sonrası dönemde kullanılmasıyla bazı meyve türlerinde (kayısı, elma, çilek, üzüm, şeftali) fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerini iyileştirmede ya da kalite kayıplarını geciktirmede etkili olduğu belirtilmiştir (Erbaş, vd., 2015; Hadian-Deljou vd., 2017; Darwish vd., 2021; Gomes vd., 2021; Salyari vd., 2022). SA uygulamasına benzer şekilde derim öncesi ya



da sonrası kalsiyum (Ca) uygulamalarının da meyvelerde kalitenin korunması ve kalite kayıplarını geciktirmede etkili olduğu şeftali (Ali vd., 2014; Gayed vd., 2017), kiraz (Dong vd., 2019; Erbaş & Koyuncu, 2023), kayısı (Moradinezhad & Dorostkar, 2021) ve erikte (Sinha vd., 2019) belirtilmiştir.

Bu çalışmada derim öncesi CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamalarının bireysel ve kombine uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin meyve kalitesi ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Bitki materyali ve özellikleri

Bu çalışma Isparta'da özel bir üretici bahçesinde 2022 yılında yürütülmüştür. Çalışmada *Prunus persica* anacına aşılı, 5 m × 5 m olarak dikilmiş, goble budama terbiye sistemine göre budanmış ve 7 yaşlı olan 'J.H. Hale' çeşidi ağaçlar kullanılmıştır. 'J.H. Hale' çeşidi yüksek aromalı, taşımaya ve depolamaya uygun bir çeşittir. Meyvesi yuvarlak, meyve eti sarı ve suludur. Meyve rengi de sarı zemin rengi üzerine kırmızı-kahve renklidir. Bahçede ağaçların dikiminden itibaren kültürel işlemler düzenli olarak yapılmıştır.

### 2.2. Derim öncesi uygulamalar ve derim

Ağaçlara derim öncesi 2 farklı dönemde (tahmini derimden 3 hafta ve 2 hafta önce) 1 mM SA (S1), 2 mM SA (S2), %1 CaCl<sub>2</sub> (CaCl<sub>2</sub>), 1 mM SA + %1 CaCl<sub>2</sub> (S1+ CaCl<sub>2</sub>), 2 mM SA +%1 CaCl<sub>2</sub> (S2+ CaCl<sub>2</sub>) ve kontrol ( saf su) uygulamaları yapılmıştır. Uygulamalar sabah erken saatlerde, rüzgârsız havada sırt pompası yardımıyla yapılmıştır. Uygulamalar için çözelti hazırlarken yayıcı yapıştırıcı olarak % 0.1'lik Tween-20 ilave edilmiştir. SA uygulamasına ait dozlar belirlenirken Eroglu ve Özsoydan (2020) ve Tareen vd. (2012)'nin çalışmalarından, CaCl<sub>2</sub>'ün dozunu belirlerken de Ali vd. (2021)'in çalışmasından faydalanılmıştır. Uygulama zamanlarını belirlemek içinse Eroglu ve Özsoydan (2020)'in çalışmasından yararlanılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Ticari hasat döneminde derimi yapılan şeftaliler soğutmalı araçla laboratuvara getirilmiş ve aşağıda belirtilen bazı fiziksel ve biyokimyasal analizler yapılmıştır.

## 2.3. Fiziksel ve biyokimyasal analizler

### 2.3.1. Meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu

Meyve ağırlığı 0.001 g duyarlılığındaki hassas terazi ile ölçülmüş ve g olarak verilmiştir. Meyve eni ve boyu ise 0.01 mm'ye duyarlı dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve mm cinsinden verilmiştir.

### 2.3.2. Meyve eti sertliği

Meyvenin ekvatorial bölgesi boyunca iki farklı noktadan meyve kabuğu uzaklaştırılmış (yaklaşık 1 cm<sup>2</sup>'lik alan) ve 8 mm'lik silindirik prob yardımıyla meyve eti sertliği ölçülmüştür. Sertlik ölçümleri Newton (N) cinsinden verilmiştir.

### 2.3.3. Suda çözünür kuru madde miktarı ve titre edilebilir asitlik miktarı

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarını belirlemek için katı meyve sıkacağı ile meyve suyu çıkartılmıştır. Çıkartılan meyve suyunda digital refraktometre yardımıyla SÇKM miktarı ölçülmüş ve % olarak verilmiştir. Titredilebilir asitlik (TEA) ölçümleri için aynı meyve suyundan 10 mL alınarak 0.1 N'lik sodyum hidroksit çözeltisiyle pH değeri 8.1 oluncaya kadar titre edilmiş ve sonuçlar malik asit cinsinden % olarak verilmiştir.

### 2.3.4. Meyve kabuk rengi

Şeftalilerin meyve rengi ekvatorial bölgesi boyunca iki farklı noktadan renk cihazı (Minolta, CR-200) yardımıyla ölçülmüş ve sonuçlar L\*, a\* ve b\* cinsinden verilmiştir.

### 2.3.5. Askorbik asit miktarı

Askorbik asit içeriği için Abacı vd. (2014)'in belirttiği spektrofotometrik yöntem kullanılmış ve okumalar 520 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar mg 100 g<sup>-1</sup> olarak verilmiştir.

### 2.3.6. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik (TF) madde miktarını belirlemek için şeftalilerden 5 g örnek alınarak üzerine 25 mL metanol eklenmiş ve ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. TF madde analizi için Folin Ciocalteu kolorimetrik yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır (Swain & Hillis, 1959). Okumalar 725 nm dalga boyunda yapılmış ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak verilmiştir.

### 2.3.7. Toplam antosiyanin miktarı

Toplam antosiyanin (TA) miktarı analizinde de TF madde miktarı için yapılan ekstraktlar kullanılmıştır. TA miktarı AOAC (2005)'nin belirttiği yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Örnekler 520 ve 700 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuş ve TA miktarı mg 100 g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak verilmiştir.

### 2.3.8. Antioksidan aktivite

Antioksidan aktivitesi için TF madde analizi için elde edilen ekstraktlar kullanılmıştır. Örneklerin antioksidant aktivitesi demir III indirgeme antioksidan gücü (FRAP) yöntemi kullanılarak spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen değerler µmol trolox eşdeğeri (TE) g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak ifade edilmiştir (Benzie & Strain, 1996).

### 2.3.9. Toplam karotenoid miktarı

Örneklerin toplam karotenoid (TK) miktarını Arnon (1949) ve Kirk ve Allen (1965) tarafından belirtilen yöntemler dikkate alınarak yapılmıştır. Püre haline getirilmiş meyve örneklerinde 0.5 g tartılmış ve 10 mL %80'lik aseton eklenerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Okumalar spektrofotometrede 480, 645 ve 663 nm dalga boyunda yapılmış ve sonuçlar µg 100 g<sup>-1</sup> taze örnek olarak hesaplanmıştır.

### 2.3.10. Toplam flavonoid miktarı

Toplam flavonoid miktarı analizi için TF madde analizi için elde edilen ekstraktlar kullanılmıştır. Örneklerin toplam flavonoid (TFL) madde miktarı Metha vd. (2014)'ün belirttiği yöntemle göre belirlenmiştir. Sonuçlar mg 100 g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

### 2.4. İstatistik analiz

Derim sonrası yapılacak bütün analizler için deneme tesadüf parsellerinde deneme desenine göre planlanmıştır. Analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve her tekerrürde 15 adet meyve kullanılmıştır. Denemeden elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş (SPSS 18) ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's çoklu karşılaştırma testine ( $P < 0.05$ ) göre gruplandırılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu

Derim öncesi CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin meyve ağırlığı ve meyve boyu üzerine etkisi istatistik olarak önemli olurken ( $P < 0.05$ ), meyve eni üzerine etkisi önemsiz olmuştur (Çizelge 1). En yüksek meyve ağırlığı (224.94 g) S2+CaCl<sub>2</sub> uygulamasında, en düşük meyve ağırlığı ise aralarında istatistiksel farklılık bulunmayan kontrol (218.54 g), S2 (218.51 g), S1 (218.18 g) ve CaCl<sub>2</sub> (218.00 g) uygulamalarında ölçülmüştür. Meyve boyu ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek sonuçlar S2+CaCl<sub>2</sub> (52.33 mm) uygulamasından elde edilirken bunu S1+CaCl<sub>2</sub>, S2 ve S1 uygulamaları izlemiştir. En düşük meyve boyu ise 50.59 mm ile K uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 1. Derim öncesi SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin bazı pomolojik özellikleri üzerine etkisi

Table 1. The effects of preharvest SA and CaCl<sub>2</sub> treatments on the some pomological characteristic of peach cv. 'J.H. Hale'

Uygulamalar	Meyve ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)	Meyve eti sertliği (N)
Kontrol	218.54 c*	56.95 <sup>öd</sup>	50.59 c	38.59 c
CaCl <sub>2</sub>	218.00 c	57.21	50.98 b	43.84 ab
S1	218.18 c	57.54	51.11 ab	42.07 b
S2	218.51 c	57.25	51.19 ab	42.21 b
S1+CaCl <sub>2</sub>	220.22 b	57.85	51.62 ab	44.37 ab
S2+CaCl <sub>2</sub>	224.94 a	57.72	52.33 a	46.55 a

CaCl<sub>2</sub>: %1, S1: 1 mM SA, S2: 2 mM SA

\*: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). öd: önemli değil

İstatistik olarak önemsiz olsa da meyve eni bakımından SA ve CaCl<sub>2</sub>'nin kombine olarak uygulandığı gruplarda daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının kombine olarak uygulanmasının meyve büyüklüğü üzerine olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. SA'nın meyve iriliği üzerine olan bu etkileri, hücre iriliğine kısmen etki etmesine ve fotosentez üzerine etkili

olmasıyla açıklanmaktadır (Champa vd., 2015; Eroglu & Özsoydan, 2020).

### 3.2. Meyve eti sertliği

Derim öncesi CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamalarının meyve eti sertliği (N) üzerine etkileri önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Çalışmada bütün uygulama gruplarında meyve eti sertliği kontrol uygulamasına göre artırmıştır (Çizelge 1). En yüksek meyve eti sertliği S2+CaCl<sub>2</sub> (46.55 N), S1+CaCl<sub>2</sub> (44.37 N) ve CaCl<sub>2</sub> (43.84 N) uygulamalarında saptanırken, en düşük meyve sertliği ise kontrol (38.59 N) uygulamasında saptanmıştır. Meyve eti sertliği bakımından, SA uygulaması tek başına uygulandığı zaman her iki dozda da kontrol uygulamasına göre daha etkili olsa da CaCl<sub>2</sub> ile kombine olarak uygulandığı zaman etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir. CaCl<sub>2</sub>'nin sertlik üzerine olan etkisinin, Ca iyonlarının pektik polimerlerle etkileşime girerek çapraz bağlı bir polimer ağı oluşturduğu böylece mekanik olarak meyveyi güçlendirerek sertlik üzerine etki edebileceği belirtilmiştir (Khalifa & Hamdy, 2018). Ca'nın meyve sertliğini arttırdığına dair benzer bulgular nektarin (Çalışkan vd., 2020) ve kiraz (Erbaş & Koyuncu, 2021; Güçlü vd., 2023) meyvelerinde de tespit edilmiştir. SA'nın ise meyve sertliği üzerine olumlu etkileri farklı çalışmalarda bildirilmiş olup (Razavi vd., 2018; Erbaş & Koyuncu, 2019), çalışmalarda bu etki meyvenin olgunlaşma metabolizmasını yavaşlatmasından kaynaklandığı açıklanmıştır.

### 3.3. SÇKM ve TEA miktarları

Derim öncesi CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin SÇKM ve TEA miktarları üzerine etkileri istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Şeftalilerin derim anında SÇKM değerleri % 10.20 (K) ile % 9.34 (S2+CaCl<sub>2</sub>) arasında değişen değerler almıştır. En yüksek SÇKM miktarı kontrol, CaCl<sub>2</sub> ve S1+CaCl<sub>2</sub> uygulamalarında saptanırken en düşük S2+CaCl<sub>2</sub> uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 2). SA uygulaması yapılan şeftalilerde SÇKM değerleri genellikle daha düşük ölçülmüştür. TEA miktarları incelendiğinde ise SÇKM değerlerinin aksine en yüksek değerler SA uygulaması yapılan gruplarda, en düşük değerler ise kontrol ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu durum şeftalilerde kontrol meyvelerin derim anındaki olgunluk seviyelerinin daha ileri olduğunun göstergesi olarak düşünülmektedir. SA uygulamalarının şeftalilerin olgunlaşma sürecini baskılayarak olgunlaşma ile azalma eğiliminde olan asit değerini koruduğunu ve büyük oranda şekerlerden oluştuğu bilinen SÇKM miktarındaki artışı da yavaşlattığını düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer bulgular şeftali gibi iklimterik meyvelerden olan erikle yürütülmüş çalışmalarda da rapor edilmiştir (Davarynejad vd., 2015; Erbaş & Koyuncu, 2019).

Çizelge 2. Derim öncesi SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin SKÇM, TEA ve meyve kabuk rengi (L\*, a\* ve b\*) üzerine etkisi

Table 2. The effects of preharvest SA and CaCl<sub>2</sub> treatments on the SSC, TA and fruit skin color of peach cv. 'J.H. Hale'

Uygulamalar	SÇKM (%)	TEA (%)	L*	a*	b*
Kontrol	10.20a**	0.60c	48.97 <sup>öd</sup>	27.54c	26.15 <sup>öd</sup>
CaCl <sub>2</sub>	9.82ab	0.65bc	47.15	28.41b	26.24
S1	9.62b	0.71ab	47.66	28.91b	26.19
S2	9.54b	0.77a	48.21	29.65ab	26.66
S1+CaCl <sub>2</sub>	9.72ab	0.69b	47.98	28.51b	27.01
S2+CaCl <sub>2</sub>	9.34c	0.76a	48.55	30.22a	26.94

CaCl<sub>2</sub>: %1, S1: 1 mM SA, S2: 2 mM SA

\*\* : Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). öd: önemli değil

### 3.4. Meyve kabuk rengi

Tüketiciler için en önemli meyve kalite kriterleri arasında yer alan meyve kabuk rengi değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Uygulamaların a\* (-a\*: yeşil, +a\*: kırmızı) değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $P<0.05$ ) olurken, parlaklığı ifade eden L\* değeri ile b\* (-b\*: mavi, +b\*: sarı) değeri üzerine etkisi önemsiz ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. L\* değerleri 48.97 (kontrol) ile 47.15 (CaCl<sub>2</sub>) arasında, b\* değerleri ise 26.15 (kontrol) ile 27.01 (S1+CaCl<sub>2</sub>) arasında değişen değerler almıştır. Meyve kabuk rengi a\* değeri incelendiğinde ise en düşük değer kontrol (27.54) uygulamasında en yüksek a\* değeri ise S2 ve S2+CaCl<sub>2</sub> uygulamalarında belirlenmiştir. a\* değerinin düşük olması mevcut kırmızı rengin daha koyulaşmış olmasıyla açıklanabilir. Bu durum kontrol grubu meyvelerinin diğer gruplara oranla olgunlaşmasının nispeten daha ilerlemiş olabileceğini düşündürmektedir. Çalışmada özellikle SA uygulanan gruplarda a\* değerleri yüksek bulunmuştur. Farklı iklimakterik bahçe ürünleriyle yürütülen çalışmada SA uygulamalarının meyve kabuk rengini korumada etkili olduğunu vurgulanmıştır (Tareen vd., 2012; Reddy & Sharma, 2016).

### 3.4. Askorbik asit (AA) miktarı, toplam fenolik (TF) madde miktarı ve antioksidan aktivite (AOA)

Derim öncesi CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin AA, TF ve AOA değerleri üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Askorbik asit yani C vitamini bahçe ürünlerinde en önemli besin kalitesi kriterleri arasında yer almaktadır (Erken, 2012). Ancak diğer meyve türlerinde de olduğu gibi C vitamini derimden önce ya da sonra birçok faktöre bağlı olarak değişebilir (Lee & Kader, 2000). Çalışmada en yüksek C vitamini içeriği S2+CaCl<sub>2</sub>, S1+CaCl<sub>2</sub>, S1 ve S2 uygulamalarında tespit edilirken, en düşük kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulama yapılan grupların AA içeriği genel olarak kontrol grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Benzer durum TF miktarında da saptanmıştır. En yüksek TF madde miktarı S2 ve S2+CaCl<sub>2</sub> uygulamalarında belirlenirken, en düşük değer kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Şeftalilerin AOA değerleri de 8.25  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  (K) ile 13.36  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$

(S2) arasında değişmiştir. En yüksek AOA miktarı S1 ve S2 uygulamalarında tespit edilmiştir. İncelenen üç özellik bakımından (AA, TF ve AOA), SA uygulanan gruplar genel olarak daha iyi sonuçlar vermiştir. Khalid vd. (2023) şeftali ile yürüttükleri çalışmalarında derim öncesi SA uygulamalarının TF ve AOA içeriklerini arttırdığını belirtmişlerdir. Benzer bulgular çilek (Asghari & Aghdam, 2010), şeftali (Tareen vd., 2012), kiraz (Gimenez vd., 2014) ve nektarin (Bal, 2016) meyvelerinde yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Derim öncesi SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin askorbik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri

Table 3. The effects of preharvest SA and CaCl<sub>2</sub> treatments on the total phenolic content, ascorbic acid and antioxidant capacity of peach cv. 'J.H. Hale'

Uygulamalar	AA	TF	AOA
Kontrol	42.20 c*	49.55 d	8.25 c
CaCl <sub>2</sub>	44.03 b	52.01 c	9.84 bc
S1	45.64 a	55.21 b	12.22 a
S2	44.53 ab	59.06 a	13.36 a
S1+CaCl <sub>2</sub>	44.61 ab	52.66 c	10.67 b
S2+CaCl <sub>2</sub>	45.92 a	57.18 ab	11.69 b

CaCl<sub>2</sub>: %1, S1: 1 mM SA, S2: 2 mM SA, AA: Askorbik asit içeriği ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), TF: Toplam fenolik madde miktarı ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), AOA: Antioksidan aktivite ( $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ )

\*: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ )

### 3.5. Toplam karotenoid miktarı (TK), toplam antosiyanin (TA) miktarı ve toplam flavonoid (TFL) miktarı

Derim öncesi CaCl<sub>2</sub> ve SA uygulamaların şeftalilerin TK, TA ve TFL miktarları üzerine etkileri istatistik olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4). Karotenoidler meyve ve sebzelerin kırmızı, turuncu, sarı ve bu renk tonları arasındaki farklı renklerin oluşmasını sağlayan renk pigmentleri olarak bilinmektedir. Antosiyaninler ise meyve ve sebzelerin kırmızımsı-mor renklerinden sorumlu renk pigmenti olarak bilinmektedir. Çalışmada en yüksek TK ve TA değerleri kontrol, CaCl<sub>2</sub> ve S1 uygulamalarında tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek TFL miktarları kontrol ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarında belirlenmiştir. SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamaları kombine olarak uygulandığında incelenen özelliklerin sentezini yavaşlattığı ifade edilebilir. Salyari vd. (2022) şeftalilere farklı dönemlerde uyguladığı SA'nın TFL miktarının sentezini uygulama yapılmayan kontrol grubuna kıyasla azalttığını vurgulamışlardır. SA uygulamasının, ürünlerin olgunlaşma metabolizmasını yavaşlattığı ve dolayısıyla olgunlaşma ile artış eğiliminde olan renklenme ile ilgili bu parametrelerinde sentezinin yavaşladığı ya da parçalanmalarının geciktirildiği düşünülmektedir. Nitekim olgunlaşma-yaşlanma süreciyle birlikte antosiyanin birikiminin arttığı bildirilmiştir (Gonçalves vd., 2007).

Çizelge 4. Derim öncesi SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin toplam karotenoid, toplam antosiyanin ve toplam flavonoid miktarı üzerine etkileri Table 4. The effects of preharvest SA and CaCl<sub>2</sub> treatments on the total carotenoid content, total anthocyanin content and total flavonoid content of peach cv. 'J.H. Hale'

Uygulamalar	TK	TA	TFL
Kontrol	200.24 a	5.12 a	64.21 a
CaCl <sub>2</sub>	198.14 ab	4.85 ab	62.29 ab
S1	195.41 ab	4.48 ab	61.02 b
S2	181.22 b	4.03 c	56.33 c
S1+CaCl <sub>2</sub>	184.69 b	4.25 b	61.49 b
S2+CaCl <sub>2</sub>	176.66 c	4.00 c	57.26 cb

CaCl<sub>2</sub>: %1, S1: 1 mM SA, S2: 2 mM SA, TK: Toplam karotenoid miktarı (µg 100 g<sup>-1</sup>), TA: Toplam antosiyanin miktarı (mg 100 g<sup>-1</sup>), TFL: Toplam flavonoid miktarı (mg 100 g<sup>-1</sup>)

\*: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

#### 4. Sonuç

Çalışmada SA ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının uygulama yapılmayan kontrol grubuna göre 'J.H. Hale' şeftali çeşidinin meyvelerinde derim zamanındaki incelenen kalite ve biyokimyasal özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Özellikle 2 mM SA ve %1 CaCl<sub>2</sub>'ün kombineli olarak uygulanmasıyla bu etkilerin daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Ancak uygulama dozu ve zamanı çeşitler bazında değişiklik gösterebileceği için bu alanda yapılacak yeni çalışmalara da ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

Abacı, Z. T., Sevindik, E. & Selvi, S. (2014). Ardahan'da yetişen bazı erik (*Prunus x domestica* L) genotiplerinde toplam fenolik içerik, toplam antosiyanin ve askorbik asit içeriğinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(3), 27-32.

Ali, I., Abbasi, N. A., & Hafız, I. (2021). Application of calcium chloride at different phenological stages alleviates chilling injury and delays climacteric ripening in peach fruit during Low-temperature storage. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 1040-1058. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1975607>

Ali, I., Abbasi, N. A., & Hafız, I. A. (2014). Physiological response and quality attributes of peach fruit cv. Florida king as affected by different treatments of calcium chloride, putrescine and salicylic acid. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(1), 33-39.

AOAC, (2005). *Official Methods of Analysis of the AOCC*, 16<sup>th</sup> Ed. Ass. of Official Analysis, Washington DC. USA.

Arnon, D. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.

Asghari, M. & Aghdam, M. S. (2010). Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.07.009>

Bal, E. (2016). Combined treatment of modified atmosphere packaging and salicylic acid improves postharvest quality of nectarine (*Prunus persica* L.) fruit. *Journal of Agriculture and Science Technology*, 18, 1345-1354.

Bayazit, S., Imrak, B. & Kuden, A. (2012). Erkenci şeftali ve nektarin çeşitlerinde uç alma uygulamalarının verim ve meyve kalitesine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 23-30.

Benzie, I. F. F. & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma frap as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay". *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.

Çalışkan, O., Kılıç, D. & Öztürk, G. (2020). Bazı Nektarin Çeşitlerinde Yapraktan Kalsiyum ve Potasyum uygulamalarının Meyve Verimi ve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Bahçe 49* (Özel Sayı 1: II. Uluslararası Tarım Kongresi (Utak 2019)), 145-151.

Champa, W. H., Gill, M. I. S., Mahajan, B. V. C. & Arora, N. K. (2015). Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 3607-3616. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1422-7>

Darwish, O. S., Ali, M. R., Khojah, E., Samra, B. N., Ramadan, K. M., & El-Mogy, M. M. (2021). Pre-harvest application of salicylic acid, abscisic acid, and methyl jasmonate conserve bioactive compounds of strawberry fruits during refrigerated storage. *Horticulturae*, 7(12), 568. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120568>

Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M. E., & Ardakani, E. (2015). Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2053-2062. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1232-3>

Dong, Y., Zhi, H. & Wang, Y. (2019). Cooperative effects of pre-harvest calcium and gibberellic acid on tissue calcium content, quality attributes, and in relation to postharvest disorders of late-maturing sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 246, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.067>

Erbaş, D. & Koyuncu, M. A. (2019). Derim sonrası putresin, nitrik oksit, oksalik ve salisilik asit, uygulamalarının Black Diamond erik çeşidinde depolama süresince meyve kalitesi üzerine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(4), 1830-1840. <https://doi.org/10.21597/jist.547181>

Erbaş, D. & Koyuncu, M. A. (2023). The effect of pre-and postharvest calcium gluconate treatments on physicochemical characteristics and bioactive compounds of sweet cherry during cold storage. *Food Science and Technology International*, 29(4), 299-309. <https://doi.org/10.1177/10820132221077515>

Erbaş, D., & Koyuncu, M. A. (2021). Effects of calcium treatment on physical and biochemical changes of cold-stored sweet cherry fruit. *Horticultural Studies*, 38(1), 15-22. <https://doi.org/10.16882/hortis.841633>

Erbaş, D., Onursal, C., & Koyuncu, M. A. (2015). Derim sonrası salisilik asit uygulamalarının Aprikoz kayısı çeşidinin soğukta depolanması üzerine etkileri. *Meyve Bilimi*, 2(2), 50-57.

Erkan, M., Dogan, A. (2019). Harvesting of horticultural commodities. In: *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Elsevier, pp. 129-159. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813276-0.00005-5>

Erken, O. (2012). *Değişik gelişme dönemlerinde, farklı derecede su stresi uygulamalarının brokolide (Brassica oleracea L. var. italica) verim, morfolojik ve biyokimyasal değişimlere etkisi*. (Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Eroglu, D., & Özsoydan, İ. (2020). Effect of pre-harvest salicylic acid treatments on the quality and shelf life of the 'Cresthaven' peach cultivar. *Folia Horticulturae*, 32(2), 221-227. <https://doi.org/10.2478/fhort-2020-0020>

Gayed, A. A. N. A., Shaarawi, S. A. M. A., Elkhishen, M. A. & Elsherbini, N. R. M. (2017). Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling' peach during cold storage. *Ciência e Agrotecnologia*, 41, 220-231. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017412005917>

Gimenez, M. J., Valverde, J. M., Valero, D., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M. & Castillo, S. (2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food chemistry*, 160, 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.107>

Gomes, E. P., Borges, C. V., Monteiro, G. C., Belin, M. A. F., Minatel, I. O., Junior, A. P., Tecchio, A. A. & Lima, G. P. P. (2021). Preharvest salicylic acid treatments improve phenolic compounds and biogenic amines in 'Niagara Rosada' table grape. *Postharvest Biology and Technology*, 176, 111505. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111505>

Gonçalves, B., Silva, A. P., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Rosa, E., & Meyer, A. S. (2007). Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 103(3), 976-984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.039>

- Güçlü, S. F., Demir, M., Koyuncu, F. & Özüsoy, F. (2023). Farklı şekillerde yapılan kalsiyum uygulamalarının 0900 ziraat kiraz çeşidinde meyve kalitesine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38(1), 69-80. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1154776>.
- Hadian-Deljou, M., Esna-Ashari, M. & Sarikhani, H. (2017). Effect of pre-and post-harvest salicylic acid treatments on quality and antioxidant properties of 'Red Delicious' apples during cold storage. *Advances in Horticultural Science*, 31(1), 31-38.
- Khalid, N., Sammi, S., Miskeen, S., Khan, I., Liaquat, M., Anwar, K., Khan, A., Shah, A. A., Shah, A. S., Al-Judaibi, A. A. M., Ha, J. & Jahangir, M. (2023). Impact of salicylic acid and calcium chloride on quality attributes of peach stored at refrigeration temperature. *Food Science and Biotechnology*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01261-w>
- Khalifa, S. M. & Hamdy, A. E. (2018). Effect of some pre-harvest treatments on yield and fruit quality of "Swelling" peach trees. *Annals of Agricultural Science Moshtohor*, 56(2), 397-404. <https://doi.org/10.21608/assjm.2018.116148>
- Kirk, J. T. O. & Allen, R. L. (1965). Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis, effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 216, 523-530.
- Koyuncu, M. A., Güneyli, A., Erbaş, D., Onursal, C. E. & Secmen, T. (2018). Combined effects of MAP and postharvest salicylic acid treatment on quality attributes of dill (*Anethum graveolens* L.) bunches during storage. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(3), 340-348. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.456652>
- Lee, S. K. & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207-220. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- Metha, S., Soni, N., Satpathy, G. & Gupta, R. K. (2014). Evaluation of nutritional, phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of dried plum (*Prunus domestica*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(2), 166-171.
- Moradinezhad, F. & Dorostkar, M. (2021). Pre-harvest foliar application of calcium chloride and potassium nitrate influences growth and quality of apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit cv.'Shahroudi'. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 1642-1652. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00468-2>
- Noppakoonwong, U., Sripinta, P., Rath, A. C., George, A. P., Nissen, R. J. (2005). Effect of retain and potassium chloride on peach fruit quality in the subtropical highlands of Thailand. Production Technologies for Low-Chill Temperate Fruits. *Reports from The Second International Workshop*, 19-23April, Chiang Mai, Thailand.
- Razavi, F., Hajilou, J. & Aghdam, M. S. (2018). Salicylic acid treatment of peach trees maintains nutritional quality of fruits during cold storage. *Advances in Horticultural Science*, 32(1), 33-40. <https://doi.org/10.13128/ahs-21323>
- Reddy, S. V. R., & Sharma R. R. (2016) Effect of pre-harvest application of salicylic acid on the postharvest fruit quality of the Amrapali mango (*Mangifera indica*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86(6), 727-731.
- Salyari, R., Seifi, E., Varasteh, F. & Alizadeh, M. (2022). Effects of pre-harvest salicylic acid treatment on the post-harvest quality of peach cultivar Robin. *Journal of Chemical Health Risks*, 12(3), 355-362. <https://doi.org/10.22034/JCHR.2021.1875114.1041>
- Sinha, A., Jawandha, S. K., Gill, P. P. S. & Singh, H. (2019). Influence of pre-harvest sprays of calcium nitrate on storability and quality attributes of plum fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1427-1437. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03621-z>
- Swain T & Hillis W. E. (1959). The phenolic constituents of prunus domestica. I.-The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63-68.
- Tareen, M. J., Abbasi, N. A. & Hafiz, I. A. (2012). Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv. 'Flordaking' fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 142, 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.027>



## Bitki Beslenmesi ve Bitki Hastalıkları İlişkisi

Zeliha Küçükyumuk<sup>1\*</sup>, Ümit Bayındır<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü – Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: zelihakucukyumuk@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 25/10/2022

Kabul tarihi: 30/12/2022

**Anahtar Kelimeler:** Besleme ve hastalık ilişkisi, Bitki besleme, Hastalık

DOI: 10.55979/tjse.1192093

Bitki, bitki besin elementleri ve hastalık oluşumuna sebep olan patojenler arasındaki ilişki çok karmaşıktır. Bitki besleme ve bitki hastalıkları arasındaki ilişki çoğunlukla gündeme gelme de bitki besleme, her zaman bitki hastalıklarının kontrolünde birincil bileşen olmuştur. Bitkilerin yetiştirildiği çöğü toprak ve ortam, bol miktarda hastalık patojeni içerir. Besin elementi eksikliği görülen bitkiler daha az dirençlidir ve çeşitli hastalıklara karşı daha duyarlıdır. Bu bakımdan tüm bitki besin elementleri bitki hastalıklarına etki eder. Bazı bitki besin elementlerinin diğer besin elementlerine göre bitki hastalıkları üzerine doğrudan ve daha fazla etkisi vardır. Bu çalışmada bazı bitki besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B) bazı fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı gösterdiği direnç ile ilgili çalışmalar derlenmiş, ayrıca bitki hastalıklarına karşı önemli bitki besin maddeleri ve bunların bitki hastalıklarıyla olan ilişkileri incelenmiştir. İyi planlanmış bir gübreleme programı; sağlıklı üretim, optimum verim ve maksimum kazanç için gereklidir. Verim artışı ve hastalıklara direnç göstermede besin elementlerinin varlığı önemlidir. Bitkilerin beslenmesini iyileştirmenin tüm bitki hastalıklarına olmasa da birçok bitki hastalığına karşı yardımcı olacağı söylenebilir. Bunun yanında, çöğü hastalığın şiddeti azaltılabilir ve birçok bitki patojeninin kimyasal, biyolojik veya genetik kontrolü uygun beslenme ile artırılabilir.

## The Relationship between Plant Nutrition and Plant Diseases

### ARTICLE INFO

Received: 25/10/2022

Accepted: 30/12/2022

**Keywords:** Nutrient disease relation, Plant nutrition, Disease

DOI: 10.55979/tjse.1192093

### ABSTRACT

The relationship between plant, plant nutrients and disease pathogens is very complex. Plant nutrition has always been the primary component of disease control, although the relationship between plant nutrition and disease is often not on the agenda. Most soils and environments in which plants are grown contain abundant disease pathogens. Plants with nutrient deficiencies are less resistant and more susceptible to diseases. In this respect, all plant nutrients affect plant diseases. Some plant nutrients have a direct and greater effect on plant diseases than other nutrients. In this study, studies on the resistance of some plant nutrients (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B) against some fungal and bacterial diseases are given. In addition, important plant nutrients against diseases and relations with diseases were examined. A well-planned fertilization program is essential for healthy production, optimum yield and maximum profit. The presence of nutrients is important in increasing yield and resisting diseases. It can be said that improving the nutrition of plants will help against not all diseases but many of diseases. The severity of most diseases can be reduced, and the chemical, biological, or genetic control of many plant pathogens can be enhanced by appropriate nutrition programme.

## 1. Giriş

Bitki hastalıkları tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Bitki hastalıklarıyla pestisit kullanarak mücadele edilmesi kolay ve etkili olmasına rağmen, tüketilen gıdaların güvenliği açısından son derece endişe vericidir ve bu pestisitlerin patojen üzerindeki etkinliği giderek azalmaktadır. Hastalıklarla mücadele için yeni çözümler arayışları gündeme gelmektedir. Bitkilerin mineral beslenme düzeyi, hastalık etmenlerinden etkilenme derecesi üzerinde çok yönlü etkiler yapmaktadır. Yeterli besin elementi içeriğine sahip bitkilerin hastalıklara karşı dirençleri varken, besin elementi yetersiz durumdaki bitkilerin hastalıklara karşı duyarlılıkları artmaktadır. Besin elementi, bitkinin beslenme durumu, bitkinin türü ve hastalık etmeni, bitkinin hastalığa göstermiş olduğu direnci etkileyen faktörlerdir. Mikro besin elementleri hem hücre duvarı sağlamlığını hem de membranların yapısal bütünlüğünü etkileyerek ve doğrudan patojen üzerinde toksik etki yaparak patojenlerin hücreye penetrasyonunu ve enfeksiyonunu azaltmaktadır (Çakmak vd., 2008).

Bu çalışmada bazı bitki besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B) bazı fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı gösterdiği direnç ile ilgili çalışmalar derlenmiş, ayrıca hastalıklara karşı önemli bitki besin maddeleri ve bunların hastalıklarla olan ilişkileri incelenmiştir.

Bu çalışmanın ana materyalini konu ile ilgili çalışmalardan elde edilen ve daha önce yayınlanan çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgiler oluşturmaktadır. Azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan, bakır ve bor elementlerinin bazı fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı gösterdikleri direnç ile ilgili çalışmalar derlenmiş ve hastalıklarla olan ilişkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler çalışma içerisinde hem çizelgeler halinde hem de yorumlarla sunulmuştur.

### 1.1. Azot (N)

Azotun bitki hastalıklarına dayanıklılık üzerine etkisi vardır. Yeterli N alımı hem büyüme hem de hastalık direncinde ihtiyaç duyulan çeşitli yapıların, proteinlerin ve

enzimlerin oluşumu için esastır. N'nin hastalıkla en yaygın olarak kabul edilen ilişkilerinden biri, yüksek N oranlarının daha fazla hastalığa yol açmasıdır. Bazı bitkilerde N içeriği yeterli seviyelerin üzerine çıktıkça fungus önleyici bileşik miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. N ile aşırı gübreleme, çeşitli hastalıkların etkisini artırabilen aşırı ve zayıf vejetatif büyümeyi artırmaktadır. Fazla azotun hastalıklara karşı hassas olmasının sebebi; sulu büyümeyi ve daha ince hücre duvarlarını destekleyerek bitkileri enfeksiyona karşı daha duyarlı hale getirmesinden; bitki yoğunluğunun artacağından bitkilerin çevresinde hastalıklara neden olabilecek daha nemli hava olabileceğinden; olgunluğu gecikeceği için enfeksiyon ve hastalık gelişimi mevcut süreyi uzatabileceğinden kaynaklanabilir (Anonim, 2015). Fazla azot, arpada kahverengi pas, çeltikte kahverengi

yaprak lekesi, buğdayda kök boğaz ve başak çürüklüğü gibi fungal hastalıklara neden olmaktadır (Kacar & Katkat, 2015). Fide hastalıkları, kök çürüklüğü, damar solgunluğu, yaprak hastalıkları, virüs hastalıkları konusunda azotun farklı formlarının etkisi belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Azot, hastalığı azaltabileceği gibi *Verticillium* (solgunluk) ve patates *Rhizoctonia* (pamukçuk) hastalıklarının artmasına neden olabilir (Huber & Thompson, 2009). N eksikliği olan patateslerde erken yanıklık (*Alternaria solani*) daha fazla görülmektedir. Azot bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementidir, dolayısıyla bitki hastalıklarına karşı önemli bir rolü vardır. Daha önce yapılan çalışmalarda bazı bitki hastalıklarında azotun olumlu etkisi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı bitki hastalıklarında azotun etkisi (Huber & Thompson, 2009)

Table 1. The effect of nitrogen on some plant diseases (Huber & Thompson, 2009)

Bitki	Hastalık	Patojen
Mısır, fıstık	Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i>
Tütün	Siyah kök çürüklüğü	<i>Thielaviopsis basicola</i>
Çilek	Siyah kök çürüklüğü	<i>Rhizoctonia fragariae</i>
Pirinç	Çeltik yanıklık hastalığı	<i>Magnaporthe grisea</i>
Domates	Kök ve kök boğazı çürüklüğü	<i>Fusarium oxysporum</i>
Üzüm	Kurşuni küf	<i>Botrytis cinerea</i>
Marul	Mantarimsı kök çürüklüğü	<i>Rhizomonas suberifaciens</i>
Patates	Erken yanıklık hastalığı	<i>Alternaria solani</i>
Buğday	Kök ve kök boğazı çürüklüğü	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>
Pamuk	Yaprak leke hastalığı	<i>Alternaria macrospora</i>

## 1.2. Fosfor (P)

Fosfor, patojenlere karşı koruma sağlamak için, dokunun içeriğini artırarak veya dokunun olgunlaşmasını hızlandırarak bitkilerin farklı hastalıklara karşı direncini artırır. P uygulanması, kök sisteminin hacmini ve bitki dokularının protein sentezi ve hücrel aktivitesini artırarak nematodlara karşı daha dirençli olmasını sağlamaktadır (Prabhu vd., 2009).

Fasulye ve hıyarda kök ur nematodu (meloidogyne) popülasyonları, toprağa yüksek dozlarda fosfor

uygulanmasıyla kontrol altına alınabilir. Fosfor, bitkilerin virüslere karşı duyarlılığını artırabilir. P gübresiyle domates ve tütünde mozaik virüsü artarken fasulyede azaldığı belirlenmiştir. Patojen enfeksiyonu sırasında, bitkinin savunma tepkilerinin aktivasyonu için gen ekspresyonunun büyük transkripsiyonel yeniden programlanması meydana gelir. Çeltikte aşırı fosfor gübrelenmesi ve fosfor birikimi fungal patojen *Magnaporthe oryzae* enfeksiyonuna duyarlılığı artırır (Campos-Soriano, 2020). Bazı bitki fungal hastalıklarında fosforun olumlu etkisi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Bazı mantari hastalıklarda fosforun etkisi (Prabhu vd., 2009a)

Table 2. The effect of phosphorus on some fungal diseases (Prabhu vd., 2009a)

Bitki	Hastalık	Patojen
Pancar	Çürüklük	<i>Phoma spp.</i>
Lahana	Mildiyö	<i>Peronospora parasitica</i>
Kereviz	Pas	<i>Puccinia spp.</i>
Turunçgil	Kök çürüklüğü	<i>Thielaviopsis basicola</i>
Mısır	Sap çürüklüğü	<i>Gibberella zeae</i>
Pamuk	Kök çürüklüğü	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>
Hıyar	Çökerten	<i>Rhizoctonia solani</i>
Mercimek	Solgunluk	<i>Fusarium oxysporum f. sp. lentis</i>
Üzüm	Mildiyö	<i>Plasmopara viticola</i>
Patates	Mildiyö	<i>Phytophthora infestans</i>
Pirinç	Kök çürüklüğü	<i>Sclerotium oryzae</i>
Tütün	Kök çürüklüğü	<i>Thielaviopsis basicola</i>
Domates	Erken yanıklık	<i>Alternaria solani</i>
Buğday	Sürme	<i>Urocystis tritici</i>

### 1.3. Potasyum (K)

Potasyum yalnızca büyüme, gelişme ve metabolik işlevler üzerine değil bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık kazanmalarında da önemli etkiye sahip bir elementtir. Bitki hastalıklarının ve zararlılarının etkileyen K, diğer besin elementlerinden muhtemelen en etkili olanıdır. Enzim aktivitesinin mobil düzenleyicisi olarak K, hastalığın şiddetini etkileyen tüm hücrel fonksiyonlarda yer alır. Bitkilerde potasyumun hastalık ve zararlı etmenleri üzerine etkinlik durumunun incelendiği bir çalışmada (Perrenoud, 1977) fungal hastalıklar, böcekler, nematodlar, virüs enfeksiyonu, bakteri gibi binin üzerinde vakada potasyumun %65 oranında hastalık ve zararlıların azalmış olduğunu belirtmiştir. Aynı araştırmacı farklı bir çalışmada (Perrenoud, 1990) farklı potasyumlu gübrelerin hastalık ve zararlılara karşı etkilerini karşılaştırmış potasyum klorürün potasyum sülfata göre olumlu yönde daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Potasyum, metabolik aktiviteler üzerine etkilidir, eksikliğinde enzim aktivitesi geriler ve organik bileşikler yeterince sentezlenemez dolayısıyla bitkiler özellikle fungal hastalıklara karşı daha hassas olurlar (Marschner,

1995). Verim artışı ve hastalık enfeksiyonlarına direnç göstermede potasyum önemli bir besin elementidir. Bergmann (1992), bitkilerin çözünebilir şeker ve aminoasit konsantrasyonları normalin üzerinde olduğu zaman yani bitkiler göreceli olarak yüksek N ve düşük K'ya sahip oldukları zaman patojenlerin faaliyetlerinde artış meydana geldiğini vurgulamıştır. Bir bitkide yüksek N veya şeker seviyeleri olduğunda hastalık ve enfeksiyonlar genellikle daha şiddetlidir. Aşırı N veya şeker birikimi, genellikle bitkinin N'yi proteinlere veya şekeri enerjiye verimli bir şekilde dönüştürmediğinin bir göstergesidir. Potasyum bu süreçlerde kritik bir rol oynar. Çoğu bitkide, düşük K seviyelerinde inorganik N biriktikçe, fungus öldürücü özelliklere sahip bitki bileşikleri hızla parçalanır. Aynı bitki türünün farklı çeşitlerinin hastalık direncini artırması, bazen dirençli çeşidin daha fazla K alma kabiliyeti ile ilişkilidir. Yüksek N:K oranı, hastalığa daha duyarlı hale getirebilirken, yüksek bir K:Ca oranı daha fazla hastalık hasarına yol açabilir. Patates ve narenciye ağaçları ile yapılan çalışmalar, patateslerde adi uyuz (*Streptomyces scabies*) ve turunçgillerde *Phytophthora* kök çürüklüğü (*P. parasitica*) enfeksiyonunun olduğunu göstermiştir. Bazı bakteri ve fungus hastalıklarında potasyumun olumlu etkisi Çizelge 3-5'de verilmiştir.

Çizelge 3. Bazı bakteri hastalıklarında potasyumun etkisi (Prabhu vd., 2009b)

Table 3. The effect of potassium on some bacterial diseases (Prabhu vd., 2009b)

Bitki	Hastalık	Patojen
Elma	Ateş yanıklığı	<i>Erwinia amylovora</i>
Fasulye	Bakteriyel yanıklık	<i>Pseudomonas syringae</i>
Karanfil	Bakteriyel solgunluk	<i>Pseudomonas caryophylli</i>
Pamuk	Köşeli yaprak leke hastalığı	<i>Xanthomonas malvacearum</i>
Hıyar	Köşeli yaprak leke hastalığı	<i>Pseudomonas lachrymans</i>
Mısır	Bakteriyel solgunluk	<i>Erwinia tracheiphila</i>
Şeftali	Bakteriyel leke	<i>Xanthomonas pruni</i>
Patates	Adi uyuz hastalığı	<i>Streptomyces scabies</i>
Pirinç	Bakteriyel yanıklık	<i>Xanthomonas oryzae</i>
Tütün	Köşeli yaprak leke hastalığı	<i>Pseudomonas angulata</i>
Domates	Bakteriyel solgunluk	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
	Domates solgunluk hastalığı	<i>Corynebacterium michiganense</i>

Çizelge 4. Bitki mantari hastalıklarda potasyumun etkisi (Prabhu vd., 2009b)

Table 4. The effect of potassium on some fungal diseases (Prabhu vd., 2009b)

Bitki	Hastalık	Patojen
Elma	Meyve çürüklüğü	<i>Pezizula malicorticis</i>
Kayısı	Meyve monilyası	<i>Sclerotinia fructicola</i>
Avokado	Kök çürüklüğü	<i>Phytophthora cinnamomi</i>
Muz	<i>Fusarium</i> solgunluğu	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>
Arpa	Ağbenek hastalığı	<i>Helminthosporium teres</i>
	Tahıl küllmesi	<i>Erysiphe graminis</i>
Fasulye	Cercospora yaprak lekesi	<i>Mycosphaerella cruenta</i>
Fasulye	Kök çürüklüğü	<i>Rhizoctonia solani</i>
Pancar	Çökerten	<i>Pythium ultimum</i>
Karanfil	Solgunluk	<i>Fusarium</i> spp.
Kereviz	<i>Fusarium</i> sararması	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>apii</i>
Turunçgil	Kahverengi meyve çürüklüğü	<i>Phytophthora parasitica</i>
Pamuk	Kök çürüklüğü	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>



Çizelge 5. Bazı viral hastalıklarda potasyumun etkisi (Prabhu vd., 2009b)

Table 5. The effect of potassium on some viral diseases (Prabhu vd., 2009b)

Bitki	Hastalık	Patojen
Arpa	Sarı cücelik virüsü	<i>Barley yellow dwarf virus</i>
Fasulye	Mozaik	<i>Tobacco mosaic virus</i>
Yulaf	Sarı cücelik virüsü	<i>Barley yellow dwarf virus</i>
Patates	Mozaik	<i>Potato mosaic virus</i>
	Yaprak kıvrıkcılığı virüsü	<i>Potato leafroll virus</i>
İspanak	Mozaik	<i>Cucumber virus</i>
Kabak	Halkalı leke	<i>Tobacco ringspot virus</i>
Tütün	Mozaik	<i>Tobacco mosaic virus</i>
Domates	Mozaik	<i>Tobacco mosaic virus</i>

#### 1.4. Magnezyum (Mg)

Magnezyumun en önemli görevi, klorofil moleküllerinde merkezi atom olarak yer almasıdır. Bitki yapraklarında yeterli magnezyum bulunması, magnezyumun klorofil molekülüne bağlanma oranı ile ilişkilidir.

Yapılan çalışmalarda (Sugawara vd., 1998; Rogan vd., 2000) magnezyuma hassas ve dirençli bitkilerde magnezyum konsantrasyonları karşılaştırılarak veya magnezyum yarayırlığına etki eden koşulları ilişkilendirilerek hastalık şiddeti ile magnezyumun bitki hastalıkları üzerine etkisi gözlemlenmiştir. Magnezyum uygulaması ile domates ve biberde bakteriyel leke artarken (Woltz & Jones, 1979), domateste bakteriyel yumuşak çürüklüğün azaldığı (Jones vd., 1988) belirlenmiştir. Pamuk bitkisinde yapılan bir çalışmada vaskülerin görevinin bozulmasından dolayı *fusarium* ile enfekte olmuş bitkiye Mg, K ve Ca uygulamalarının hastalığı azalttığı bildirilmiştir (Sharoubeem vd., 1967). Magnezyum uygulamasında, uygulama oranı, uygulama zamanı, kaynağı, bitkinin beslenme durumu ve diğer elementlerle ilişkisi magnezyumun hastalık karşısında dirençli veya hassas olduğunu göstermektedir. Bitkinin kalsiyum alımındaki rekabet ve bitki dokularının bozunmaya karşı gösterdiği direncinin azalması hastalıklara karşı hassasiyeti artırır (Jones & Huber, 2007).

Patateste verim kaybına sebep olan *Erwinia* spp.'den kaynaklanan bakteriyel yumuşak çürüklüklere Mg ve Ca un önemli ölçüde çürümeyi azalttığı yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (McGuire & Kelman 1986; Kelman vd., 1989). Magnezyumun tahıllarda, *G. graminis* var. *triticeum* sebep olduğu fungal hastalığı azalttığı belirlenmiştir (Duffy vd., 1997). Diğer besin elementleri ile birlikte dengeli magnezyum gübrelemesi, hastalığı kontrol altına almak veya azaltmak için gerekmektedir.

#### 1.5. Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum, hem hücre duvarlarının hem de organelleri çevreleyen bitki zarlarının önemli bir yapısal bileşendir. Kalsiyum eksikliği, küf ve külleme dahil olmak üzere hastalık organizmaları tarafından enfeksiyona fiziksel olarak daha az direnebilen hastalıklara neden olur. Hücre duvarları sadece enfeksiyona karşı bir engel değildir, hücre duvarları, hücreler ve diğer bitki kısımları arasındaki şeker ve diğer bileşiklerin geçişini düzenler. Ca düşük olduğunda, şekerlerin hücre içinden bitki dokusundaki

hücreler arası boşluklara daha fazla taşınmasına izin verir. Bu bölgelerdeki daha yüksek şeker seviyeleri, enfeksiyon ve hastalık patojenlerini artırma eğilimindedir (Anonim, 2015). Kalsiyum sadece bitki zarlarının uygun yapısı ve işlevi, hastalıkların oluşumunu veya şiddetini azaltmada rol oynamaz. Funguslar ve bakteriler bitki dokusunu istila ederken, bitki dokusunun parçalarını çözen pektolitik enzimler salgırlar. Bu enzimler, bitkiye zarar verir ve enfeksiyonun yayılmasını artırır ve enzimlerin aktivitesi kalsiyum iyonu tarafından inhibe edilir.

Kalsiyum, meyvelerin depolama süresi üzerine önemli bir rol oynar. Elmada depo ömrünü artırmakta eksikliğinde ise daha çok hasat sonrasında görülen küçük, kahverengi, biraz kuru, hafif acı tadında, meyve etinde 3-5 mm çaplı lezyonlar şeklinde "acı benek" olarak adlandırılan belirti ortaya çıkmaktadır. Patates yumrularının Ca içeriği ile yumuşak bakteri çürümesi arasında ve domateste bakteriyel kanser arasında bir ilişki vardır (Rahman & Punja, 2009). Bazı bitki hastalıklarında kalsiyumun olumlu etkisi Çizelge 6'da verilmiştir.

#### 1.6. Demir (Fe)

Demirin bazı hastalıklara karşı aktif olduğuna dair bazı çalışmalar olsa da, diğer besin elementleri ile aynı kategoride değerlendirilmemektedir. Bitkilerin Fe için rekabeti hastalığa karşı bir savunma mekanizması olarak kullanıp kullanmadığı açık değildir (Anonim, 2015).

Demirin antagonistik özellik gösterdiği Mn, Cu ve Zn'nin önemli hastalık önleyici özelliklere sahip olması sebebiyle, fazla Fe, bu diğer elementlerden birinin aktivitesini baskılayabilmektedir.

#### 1.7. Çinko (Zn)

Bitkilerde önemli metabolik işlevlere sahip olan çinko, azot metabolizması ile yakından ilgilidir. Çinko eksikliğinin ilk belirtisinin RNA sentezinde azalma olduğu, bu durumun da protein oluşumunu engellediği, protein türünden olmayan azot ve DNA düzeylerinin oransal olarak artmasını sağladığı bildirilmiştir (Çakmak vd., 1996). Yapılan çalışmalarda, Indol Asetik Asitin (IAA) bitki büyüme organlarında sentezlenmesi için çinkonun gerekli olduğu, bu hormonun eksikliğinde, bitkinin boğumlar arası mesafesinin kısalarak büyümede gerileme meydana geldiği, aynı zamanda çinko eksikliği gösteren bitkilerde düşük seviyede gibberellik asit

oluşumlarının gözlemlendiği bildirilmektedir (Marschner, 1996).

Çizelge 6. Bazı bitki hastalıklarında kalsiyumun etkisi (Rahman & Punja, 2009)

Table 6. The effect of calcium on some plant diseases (Rahman & Punja, 2009)

Bitki	Hastalık	Patojen
Elma	Alternaria çürüklüğü	<i>Alternaria spp.</i>
	Acı çürüklük	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
	Botrytis çürüklüğü	<i>Botrytis cinerea</i>
Avokado	Kök çürüklüğü	<i>Phytophthora cinnamomi</i>
Brokoli	Kök uru	<i>Plasmodiophora brassicae</i>
Lahana	Kök uru	<i>Plasmodiophora brassicae</i>
Havuç	Güney yanıklığı	<i>Sclerotium rolfsi</i>
	Kavite lekesi	<i>Pythium coloratum</i>
	Siyah kök çürüklüğü	<i>Chalara elegans</i>
Turunçgil	Phytophthora kök çürüklüğü	<i>Phytophthora nicotianae</i>
Kahve	Yaprak lekesi	<i>Mycena citricolor</i>
Hıyar	Kök çürüklüğü	<i>Pythium splendens</i>
	Kurşuni küf	<i>Botrytis cinerea</i>
Patlıcan	Kurşuni küf	<i>Botrytis cinerea</i>
Üzüm	Penicillium çürüklüğü	<i>Penicillium digitatum</i>
Kavun	Meyve çürüklüğü	<i>Myrothecium roridum</i>
Nektarin	Rhizopus çürüklüğü	<i>Rhizopus stolonifer</i>
Şeftali	Leucostoma kanseri	<i>Leucostoma persoonii</i>
	Meyve monilyası	<i>Monilinia fructicola</i>
Fıstık	Kapsül çürüklüğü	<i>Pythium myriotylum</i>
	Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i>
Armut	Köşe çürüklüğü	<i>Phialophora malorum</i>
Biber	Kurşuni küf	<i>Botrytis cinerea</i>
Patates	Yumuşak çürüklük	<i>Erwinia carotovora</i>
Pirinç	Kılıf çürüklüğü	<i>Sarocladium oryzae</i>
Gül	Kurşuni küf	<i>Botrytis cinerea</i>
Domates	Külleme	<i>Erysiphe orontii</i>
Buğday	Çizgi hastalığı	<i>Cephalosporium gramineum</i>

Çinko eksikliğinde köklerden çinko alımında önemli derecede azalma olmaktadır. Bitkilerde çinko eksikliği olan bitkiler, çinko eksikliği görülmeyen bitkilere göre fungal kök hastalıklarına daha duyarlıdır (Marschner, 1995; Streeter vd., 2001). Bitkideki besin elementi olarak çinko eksikliği sonucu fungal ve bakteriyel hastalıklar daha kısa sürede ve artan şiddette ortaya çıkmaktadır (Adam vd., 1995; Doke vd., 1996; Kawano vd., 2002). Bitkinin savunma mekanizmasını harekete geçirmede, çinko gübrelemesi önemli bir role sahiptir (Çakmak, 2000). Çinko bileşikleri pek çok fitopatojen bakterinin de gelişimini engeller veya sınırlar (Adaskaveg & Hine, 1985). Çinko, patojenik *Fusarium* türlerinin ürettiği virülenslik faktörlerinden biri olan fusarik asitin üretimini engelleyerek hastalık gelişimini azaltır (Duffy vd., 2003). Zn, oksijen radikallerinin ve hidrojen peroksitin hem üretimine hem de detoksifikasyonuna yardımcı olur, böylece bitki hücrelerine verilen zararı sınırlar. Çinkonun bazı fungusitlerde etken madde olması, bazı patojenler için doğrudan toksik olduğunun kanıtıdır, çözünür Zn içeriği düşük toprakların, bazı hastalıklara neden olan organizmaların daha yüksek popülasyonlarını destekleme olasılığı daha yüksektir. Bazı *Fusarium* türlerinin (*F. oxysporum* ve *F. lycopersici*), birçok mahsul türünden daha fazla Zn ihtiyacı vardır ve çinko eksikliğinde daha az

hastalık görülür. Bir bitki bir fungus tarafından enfekte olduğunda, doğal savunması tetiklenir ve enfeksiyon hem enfeksiyon bölgesinde hem de bitkinin diğer bölümlerinde fungus önleyici fenolik bileşiklerin ve flavonoidlerin üretimini artmasına neden olur. Bu bileşiklerin üretimi ve taşınması, büyük ölçüde bitkinin beslenmesi ile kontrol edilir, bu nedenle, K, Mn, Cu, Zn ve B gibi temel besin maddelerinin eksikliği, enfeksiyon bölgesindeki bitkilerin doğal fungus önleyici bileşiklerinin miktarını azaltır. Çinko, bitki zarlarının bütünlüğü için gereklidir ve bitki hücrelerinden temel elementlerin veya bileşiklerin sızmasını önlemeye yardımcı olduğu düşünülmektedir. Çinko eksikliğinde, kullanılmayan şekerler birikir ve bu fazla şeker bitki yüzeylerine bir miktar şeker sızdırarak fungus ve bakterilerin başarılı bir şekilde yayılmasını artırabilir (Anonim, 2015). Yapılan çalışmalarda Zn, bazı *Fusarium* türlerinin etkilerini azaltmıştır. Küçükyumuk vd. (2014), artan dozlarda çinkonun *Pythium* çürüklüğüne karşı gösterdiği direnci belirlemişlerdir. Sonuç olarak çinko uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığı tespit edilmiştir. Belli dozlarda çinkonun hastalık etmenleri üzerinde olumlu etkisinin olduğu, hastalığı baskıladığı aynı zamanda biyolojik mücadele için kullanılabileceği görülmüştür. Bazı bitki hastalıklarında çinkonun olumlu etkisi Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Bazı bitki hastalıklarında çinkonun etkisi (Duffy, 2009)

Table 7. The effect of zinc on some plant diseases (Duffy, 2009)

Bitki	Hastalık	Patojen
Buğday	Kök çürüklüğü Göçerten	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Gaeumannomyces graminis</i>
Turunçgil	Turunçgil mat solgunluğu	Bilinmeyen neden*
Börülce	Rhizoctania kök çürüklüğü	<i>Rhizoctonia solani</i>
Yonca	Kök çürüklüğü	<i>Rhizoctonia solani</i>
Mısır	Rastık	<i>Ustilago maydis</i>
Patates	Adi uyuz	<i>Streptomyces scabies</i>
Tütün	Tütün mozaik virüsü	<i>Tobacco mosaic virus</i>
Fasulye	Tütün mozaik virüsü	<i>Tobacco mosaic virus</i>

### 1.8. Mangan (Mn)

Mangan, hastalıklara karşı savunmada iki ana madde olan fenolik bileşiklerin üretiminde ve lignin oluşumunda önemli bir rol oynar. Bitkide fungal hastalıklar karşısında, fenolik maddeyi inhibe eden mantar üretimini artırır. Hem enfeksiyon bölgesinde hem de bitkinin diğer bölümlerinde bileşikler ve flavonoidler salgılanır. Bu bileşiklerin üretimi ve taşınması, büyük ölçüde bitkinin beslenmesi ile kontrol edilir. Bu nedenle, K, Mn, Cu, Zn ve B gibi temel besin maddelerinin eksikliği, enfeksiyon bölgesindeki bitkilerin doğal fungus önleyici bileşiklerinin miktarını azaltır. Fenolik bileşikler birçok hastalık patojeni için toksiktir ve lignin, hastalık organizmalarının penetrasyonuna karşı fiziksel bir engeldir. Bitkiler fungal enfeksiyonlara karşı oksijen radikalleri (O<sup>-</sup> ve OH<sup>-</sup>) ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) oluşturarak hastalık organizmalarına ve konukçu bitkinin dokusuna zarar verir.

Hastalıklı bitkilerle sağlıklı bitkiler karşılaştırıldığında, hastalıklı bitkilerin daha az Mn konsantrasyonuna sahip olduğu tespit edilmiştir bunun sebebi bazı toprak kaynaklı fungusların, topraktaki Mn'yi oksitlemesinden ve bitkilerin yararlanamamasından kaynaklanmaktadır. Bitki manganı alamaz ve hastalık direnci düşer (Anonim, 2015).

Yapılan çalışmalarda, manganın buğday ve arpada çökerten hastalığına karşı şiddetinin azalttığını bildirmişlerdir (Reis vd., 1982; Graham vd., 1984; Brennan, 1992). Toprak veya yapraktan uygulanan Mn ile bezelye ve fasulyede fusarium solgunluğu ve Fusarium domates solgunluğu (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersica* (Sacc.)) azaldığı bildirilmiştir (Mehrotra & Claudius, 1973).

### 1.9. Bakır (Cu)

Bakırın hastalıklara karşı kullanılması (1900), mutlak gerekli element olarak kabul edilmesinden 30 yıl öncesine dayanmaktadır. Ayrıca bakırın doz aşımında zehir etkisi belirtileri görülmektedir (Anonim, 2015). Birçok yaygın hastalık ve bozukluk Cu ile ilişkilendirilmiştir. Cu'nun mikroorganizmalar üzerindeki biyosidal etkilerinin uzun zamandır tanınması onu birçok böcek ilacının ortak bir bileşeni haline getirmiştir. Cu içeren pestisitlerin etkinliği oldukça çeşitlidir. Bordo bulamacı, bağlarda ve meyve

ağaçlarında fungusit olarak kullanılan bakır (II) sülfat ve sönmüş kirecin bir karışımıdır. *Plasmopara viticola* fungusunun neden olduğu bağ mildiyösu hastalığı başta olmak üzere özellikle bahçe, fidelik ve tarla bitkilerinde görülen fungal hastalıklara karşı kullanılır. Bakırlı preparatlar armut ve elmada ateş yanıklığı hastalığının mücadelesinde kullanılır. Bakır patojen üzerine doğrudan etki etmesiyle beraber, bitkinin direncini artırıcı etki sağlar.

### 1.10. Bor (B)

Bor, metal olmayan tek mikro elementtir. Bor genellikle kökler tarafından borik asit formunda alınır. Hücre duvarlarındaki anormal yapısal değişiklikler genellikle B eksikliği ile ilişkilendirilir. Hücre duvarı bileşenleriyle tepkimeye giren bor, polihidroksil bileşikleri oluşturarak hücre duvarlarının ince yapılı olmasında ve sentezlenmesinde görev yapar. Bitkilerde düşük miktarda bor konsantrasyonu bulunması durumunda hücre duvarlarında şekil bozuklukları görülür bu durumda da çatlak gövde ve mantarlaşmış gövde oluşmaktadır. Karbonhidratlar cis-hidroksil gruplarına sahip olduğunda bor, boro-karbonhidrat kompleksleri oluşturabilir. Bunun da glikoliz ve pentoz fosfat yolu arasındaki substrat akışı üzerinde etkisi vardır, bu da fenollerin ve lignifikasyonun, kinonların ve serbest radikal üretiminin düzenlenmesiyle sonuçlanır (Stangoulis & Graham, 2009).

Konukçu-patojen etkileşiminde bitkilerde bor çok önemli olup merak uyandırıcı sonuçlara sahiptir. Bor eksikliği patojenlerin artmasına yol açar. Kerevizde çatlak gövde (cracked stem), karnabaharda sap çürümesi veya kahverengi çürüklük (stalk rot), pancarda kalp çürüklüğü ve siyah nokta (heart rot, internal black spot), tütünde üst çürüklük (top rot), elmada içsel mantarlaşma (internal cork), yoncada uç yapraklarda sararma, patatesten kahverengileşme bor eksikliğinin belirtilerindedir (Blevins & Lukaszewski, 1998). Ali vd. (2016), soğan bitkisinde çinko ve borun birlikte kullanılmasıyla *Alternaria*'nın neden olduğu *Alternaria porri* and *Stemphylium vesicarium* hastalıklarının şiddetini azalttığını ve soğan verimini artırdığını belirtmişlerdir. Bazı bitki hastalıklarında borun olumlu etkisi Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Bazı bitki hastalıklarında borun etkisi (Stangoulis &amp; Graham, 2009)

Table 8. The effect of boron on some plant diseases (Stangoulis &amp; Graham, 2009)

Bitki	Hastalık	Patojen
Fasulye	Tütün mozaik virüsü	<i>Tobacco mosaic virüs</i>
	Lezyon	<i>Pseudomonas putida</i>
	Lezyon	<i>Fusarium solani</i>
Fasulye	Kök çürüklüğü	<i>Rhizoctonia solani</i>
Bezelye		
Börülce		
Karnabahar	Kök uru	<i>Plasmodiophora brassicae</i>
Patates	Siğil hastalığı	<i>Synchytrium endobioticum</i>
Tütün	Tütün mozaik virüsü	<i>Tobacco mosaic virüs</i>
Domates	Fusarium solgunluğu	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp.
		<i>Lycopersici</i>
Buğday	Sarı pas	<i>Puccinia striiformis</i>

## 2. Sonuç

Bitkilerin besin elementi eksikliği göstermesi, ürün miktarındaki düşüğe bağlı olarak ekonomik kayıp olarak karşımıza çıksa da kalite kaybına bağlı olarak beslenme sorunlarını da beraberinde getirecektir. Bu nedenle bitkilerin besin elementi eksikliklerinin giderilmesi için gerekli uygulamaların yapılması son derece önemlidir.

Uygulanan gübre miktarı ve çeşidi bitkilerde hastalık oluşumları üzerine etkilidir. Çoğu bitki hastalığının şiddetinin azaltılabileceği ve birçok bitki patojeninin kimyasal, biyolojik veya genetik kontrolünün doğru beslenmeyle artırılabilirliği açıktır. Bitki Hastalıkları ayrı ayrı incelenerek besin elementi ile ilişkisi yönünden değerlendirilmelidir, bu konuda genel bir ifade kullanmak güçtür. Bitkilerin beslenmesini iyileştirmenin tüm bitki hastalıklarına olmasa da birçok bitki hastalığına karşı yardımcı olacağı söylenebilir. Gübre önerileri, besin elementi alımını optimize etmek ve bitki optimum gelişmesi ve verim için geliştirilmelidir. Bitki çeşidi, daha önce yetiştirilen bitki, uygulanan gübre dozu, gübre uygulama zamanı, toprak mikroflorası gibi çeşitli etmenler hastalık üzerinde etkilidir. Bu konunun çalışılması bitki hastalığı ve bitki besleme uzmanları tarafından iş birliği yapılarak ulusal ve uluslararası çalışmalara daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 3. Kaynaklar

- Adam, A. L., Bestwick, C. S., Barna, B., & Mansfield, J. W. (1995). Enzymes regulating the accumulation of active oxygen species during the hypersensitive reaction of bean to *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*. *Planta*, 197, 240-249.
- Adaskaveg, J. E., & Hine, R. B. (1985). Copper tolerance and zinc sensitivity of Mexican strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causal agent of bacterial spot of pepper. *Plant Disease*, 69, 993-996.
- Ali, H., Nisha, H. A. C., Hossain, Md. B., & Islam, Md. R. (2016). Evaluation of combined effect of micronutrients (ZnSO<sub>4</sub> + Borax)

- and fungicides to control the purple blotch complex of onion (*Allium cepa*). *American Journal of Plant Sciences*, 7, 715-723. <http://doi.org/10.4236/ajps.2016.75065>
- Anonim (2015). Spectrum Analytic. The Relationship between nutrients and other elements to plant diseases. Washington C.H., Ohio.
- Bergmann, W. (1992). Nutritional disorders of plants: developments, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, New York.
- Blevins, D. G., & Lukaszewski, K. M. (1998). Boron in plant structure and function. *Annual Review of Plant Plant Physiology Plant Molecular Biology*, 49, 481-500.
- Brennan, R.F. (1992). The role of manganese and nitrogen nutrition in the susceptibility of wheat plants to take-all in Western Australia. *Fertilizer Research*, 31(1), 35-41.
- Campos-Soriano, L., Bundó, M., Bach-Pages, M., Chiang, S.F., Chiou, T.J., & San Segundo, B. (2020). Phosphate excess increases susceptibility to pathogen infection in rice. *Molecular Plant Pathology*, 21(4), 555-570. <https://doi.org/10.1111/mpp.12916>
- Çakmak, İ. (2000). Tansley Review No. 111 Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species, *New Phytologist*, 146, 185-205.
- Çakmak, İ., Torun, B., Erenoğlu, B., Kalaycı, M., Yılmaz, A., Ekiz, H., & Braun, H. (1996). Türkiye'de toprak ve bitkilerde çinko eksikliği ve bitkilerin çinko eksikliğine dayanıklılık mekanizmaları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 20(Special Issue), 13-23.
- Çakmak, Ö., Aysan, Y., & Erdem, H. (2008). Farklı Düzeylerde Çinko Beslenmesi Altındaki Domates Bitkilerinde Bakteriye Solgunluk Hastalığı Üzerine Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Etkisinin Araştırılması. 1070273 no'lu Tübitak Araştırma Projesi Sonuç Raporu. 49s. Adana.
- Doke, N., Miura, Y., Sanchez, L. M., Park, H-J., Noritake, T., Yoshioka, H., & Kawakita, K. (1996). The oxidative burst protects plants against pathogen attack: Mechanism and role as an emergency signal for plant bio-defence - a review. *Gene*, 179, 45-51.
- Duffy, B. K., Ownley, B. H., & Weller, D. M. (1997). Soil chemical and physical properties associated with suppression of take-all of wheat by *Trichoderma koningii*. *Phytopathology*, 87, 1118-1124.
- Duffy, B. K., Schouten, A., & Raaijmakers, J. M. (2003). Pathogen self-defense: Mechanisms to counteract microbial antagonism. *Annual Review Phytopathology*, 41, 501-538.
- Duffy, B. K. (2009). Zinc and plant diseases. In *Mineral nutrition and plant disease*. (pp.155-175)
- Graham, R. D., & Rovira, A. D. (1984). A role for manganese in the resistance of wheat plants to take-all. *Plant Soil*, 78, 444-446.
- Huber, D. M., & Jones, J. B. (2012). The role of magnesium in plant disease. *Plant Soil*, 368, 1-20. <http://doi.org/10.1007/s11104-012-1476-0>
- Huber, D. M., & Thompson, I. A. (2009). Nitrogen and plant disease. In *Mineral nutrition and plant disease*. In *The American Phytopathological Society*. (pp. 55-75)
- Jones, J. B., & Huber, D. M. (2007). Magnesium and plant disease. In *Mineral nutrition and plant disease* (pp. 95-100)
- Jones, J. B., Stanley, C. D., Csizinszky, A. A., Kovach, S. P., & McGuire, R. G. (1988). K and N fertilization rates influence susceptibility of trickle-irrigated tomato plants to bacterial spot. *HortScience*, 23, 1013-1015.

- Kacar, B., & Katkat, A. V. (2015). *Bitki Besleme*. Uludağ Üniversitesi Yayın.
- Kawano, T., Kawano, N., Muto, S., & Lapeyrie, F. (2002). Retardation and inhibition of the cation-induced superoxide generation in BY-2 tobacco cell suspension culture by  $Zn^{2+}$  and  $Mn^{2+}$ . *Physiologia Plantarum*, 114, 395-404. <http://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1140309.x>
- Kelman, A., McGuire, R. G., & Tzeng, K. C. (1989). Reducing the severity of bacterial soft rot by increasing the concentration of calcium in potato tubers. In *Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro and microelements*. (pp. 102-123)
- Küçükyumuk, Z., Özgönen Özkaya, H., Erdal, İ., & Eraslan, F. (2014). Effect of zinc and glomus intraradices on control of pythium deliense plant growth parameters and nutrient concentrations of cucumber. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1), 138-142.
- Marschner, H. (1996). *Mineral nutrition of higher plants*. Second Edition. Academic Press.
- Marschner, H., & Dell, B. (1995). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159, 89-102.
- McGuire, R. G., & Kelman, A. (1986). Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology*, 76, 401-406.
- Mehrotra, R. S., & Claudius, G. R. (1973). Effect of chemical amendments and foliar application on lentil wilt. *Plant Soil*, 39, 695-698. <https://doi.org/10.1007/BF00264186>
- Perronoud, S. (1977). *Potassium and Plant Health*. Publ. Int. Potassium Institute, Bonn, Worblaufen, Schweiz.
- Perronoud, S. (1990). *Potassium and Plant Health*. Publ. Int. Potassium Institute Research Topics. No:3. 2nd ed. Basel, Switzerland.
- Prabhu, A. S., Fageria, N. D., Berni, R. F., & Rodrigues, F. A. (2009a). Phosphorous and plant disease. In *Mineral Nutrition and Plant Disease*. (pp. 45-55)
- Prabhu, A. S., Fageria, N. K., & Huber, D. M. (2009b). Potassium Nutrition and Plant Diseases. In *Mineral Nutrition and Plant Disease*. (pp. 57-78)
- Rahman, M., & Punja, Z. K. (2009). Calcium and plant disease. In *Mineral nutrition and plant disease*. (pp.79-94)
- Reis, E. M., Cook, R. J., & McNeal, B. L. (1982). Effect of mineral nutrition on take-all of wheat. *Phytopathology*, 72, 224-233.
- Rogan, G. J., Bookout, J. T., Duncan, D. R., Fuchs, R. L., Lavrik, P. B., Love, S. L., Mueth, M., Olson, T., Owens, E. D., Raymond, P. J., & Zalewski, J. (2000). Compositional analysis of tubers from insect and virus resistant potato plants. *Journal of Agriculture Food and Chemistry*, 48, 5936-5945.
- Sharoubeem, H. H., Naim, M. S., & Habib, A. A. (1967). Combined effect of nitrogen supply and *Fusarium* infection on the chemical composition of cotton plants. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 2, 40-48.
- Stangoulis, J., & Graham, R. (2007). Boron and Plant Disease. In *Mineral Nutrition and Plant Disease*. (pp. 207-214)
- Streeter, T. C., Rengel, Z., Neate, S. M., & Graham, R. D. (2001). Zinc fertilization increases tolerance to *Rhizoctonia solani* (AG 8) in *Medicago truncatula*. *Plant Soil*, 228, 233-242.
- Sugawara, K., Singh, U. P., Kobayashi, K., & Ogoshi, A. (1998). Scanning electron microscopical observation and X-ray microanalysis of Erysiphe pisi infected leaves of pea (*Pisum sativum* L.). *Phytopathology*, 146, 223-229.
- Woltz, S. S., & Jones, J. P. (1979). Effects of magnesium on bacterial spot of pepper and tomato and on the in vitro inhibition of *Xanthomonas vesicatoria* by streptomycin. *Plant Disease Reporter*, 63, 182-184



## Acı Bakla (*Lupinus angustifolius* L.) Bitkisinin Kullanım Olanakları

Derya Güloğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu – Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: deryaguloğlu@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 03/11/2022

Kabul tarihi: 27/03/2023

**Anahtar Kelimeler:** Acı bakla,  
Biyoinsektisit, Biyostimülatör, Termiye

**DOI:** 10.55979/tjse.1199181

### ÖZET

Acı bakla (*Lupinus angustifolius* L.), Leguminosae familyasına bağlı, tek yıllık, otsu bir bitki cinsidir. 3000 yıl önce bazı türlerinin tarımına başlanmıştır. Yabani türlerinin çoğu Akdeniz çevresinde ve Kuzey Amerika'da yetişir. Bazı türleri yeşil gübre olarak toprak ıslahı amacıyla tarlalara ya da süs bitkisi olarak bahçelere ekilir. Tohumları ise genellikle hayvan yemi olarak kullanılır. Türkiye hem kültürü yapılan türler ve onların yabani formları, hem de sınırlı amaçlarla kültürü yapılan acı bakla türleri açısından oldukça zengindir. Lüpen olarak da bilinen bitki, özellikle insan ve hayvan beslenmesindeki kullanımını yanında, doğal ve sağlıklı beslenme amacıyla yürütülen organik tarım uygulamalarında, toprak iyileştirici, bitki koruyucu (biyoinsektisit) ve büyümeyi teşvik edici (biyostimülatör) özelliklerinden dolayı gittikçe değer kazanmaktadır. Bu çalışmada lüpen bitkisinin kullanım olanakları başlıklar halinde incelenmiştir.

## Usage Opportunities of Lupine (*Lupinus angustifolius* L.)

### ARTICLE INFO

Received: 03/11/2022

Accepted: 27/03/2023

**Keywords:** Lupine, Bioinsecticide,  
Biostimulator, Thermia

**DOI:** 10.55979/tjse.1199181

### ABSTRACT

Lupine is an annual herbaceous plant belonging to the Leguminosae family. Some species have begun to be cultivated 3000 years ago. Most of the wild species grow around the Mediterranean and in North America. Some species are planted in fields for soil improvement as green manure or in gardens as ornamental plants. Its seeds are generally used as provender. Turkey abounds in terms of both cultivated species and their wild forms and lupine species cultivated for limited purposes. The plant which is also known as lupine, is becoming more and more important due to its soil-improving, plant-preserving (bioinsecticide) and growth-promoting (biostimulator) properties, especially in organic farming practices carried out for natural and healthy nutrition, as well as its use in human and animal nutrition. In this study, the usage opportunities of the lupine plant were examined under the titles.

### 1. Giriş

Lüpen (*Lupinus* sp.), yüksek protein ve yağ içeriğine sahip bir baklagil bitkisidir. Diğer baklagillerin yetişmediği marjinal alanlarda yetişebilme kabiliyetiyle bu familyanın önemli cinslerinden birini oluşturmaktadır (Baytop, 1994, Erkoyuncu vd., 2015). Termiye, gavur baklası ve Yahudi baklası olarak da tanınır (Hakkı vd., 2007). Acı bakla tohumlarının %33-47 oranındaki protein içeriği, soya proteinine eşdeğerdir (Yorgancılar & Atalay, 2009). Ayrıca, diğer baklagillerin %50'ye kadar nişasta içermesine karşılık, acı bakla tohumlarında bu oran %5 oranındadır. Lüpen olarak da adlandırılan acı bakla, yüksek protein oranı, omega 3 ve omega 6 yağ asitleri, antioksidan, karbonhidrat ve yüksek lif içeriklerine sahip olması nedeniyle insan sağlığı üzerinde oldukça önemli kullanım alanına sahiptir (Hodgson & Lee, 2008).

İnsan beslenmesine ve insan sağlığına yararları nedeniyle lüpen bitkisi ve tohumundan elde edilen ürünlerin gıda olarak tüketimi son yıllarda artış göstermiştir (Sandoval-Muniz vd., 2018).

Lüpen bitkisi ülkemizde çoğunlukla çerez şeklinde tüketilmesine rağmen, dünyada bisküvi, kek, şekerleme gibi atıştırılabilir ürünlerde kullanılmaktadır (Mülayim & Acar, 2008). Lüpen tanelerinin tadı acıdır. Bu nedenle geleneksel yöntemlerle tanelerinin acılığı giderildikten sonra haşlanarak tatlandırılır ve tüketilir. Genel bir kullanımı olmamakla birlikte, taneleri kavrulduktan sonra öğütülerek lüpen kahvesi olarak da tüketilebilir. Ancak yaygın bir kullanıma sahip değildir.

Ülkemizde, hayvan beslemek amacıyla çoğunlukla yonca, fiğ, korunga, mısır ve üçgül bitkileri yetiştirilmektedir. Ancak, silajlık, yeşil yem ve dane yemi olarak kullanıma uygun olan lüpen bitkisi, hayvan beslemede alternatif yem kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Okuyucu & Okuyucu, 2008). Ayrıca, lüpen tohumları, kanatlı hayvan ve balık yemi rasyonlarında da kullanıma potansiyelinde bir baklagildir.

Lüpen tohumlarında bulunan yağ, oleik ve linoleik asitlerce oldukça zengindir. Aynı zamanda tohumları, dikkate değer miktarda polifenoller, karotenoidler, fitosteroller, tokoferoller bakımından zengindir (Yorgancılar vd., 2020) ve mikrop öldürücü kanser

önleyici ve iltihap giderici içeriğe sahiptir (Khan vd., 2015). Ayrıca, lupinin, angustifolin, lupanin ve hidrokstilupanin alkaloidleri ile lupinil ve vernin glikozitlerini de içermektedir. Bünyesinde bulunan bu bileşikler sayesinde lüpen, farmakolojik olarak da büyük değer taşımaktadır (Tüzün, 2013).

Doğal ve sağlıklı beslenme amacıyla yürütülen organik tarım uygulamalarında, lüpen bitkisi toprak iyileştirici, bitki koruyucu (biyoinsektisit) ve büyümeyi teşvik edici (biyostimülatör) özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir.

Bu çalışmada lüpen bitkisinin kullanım olanakları başlıklar halinde incelenmiştir.

## 2. Lüpen Bitkisinin Kullanım Olanakları

### 2.1. İnsan gıdası olarak tüketimi

Lüpen taneleri %35-45 arasında protein ihtiva etmektedir. Bu oran, protein içeriği yüksek olan diğer baklagillerden daha fazladır. Protein içeriği bakımından lüpen en yakın baklagil bitkisi soya fasulyesidir (Dervas vd., 1999). Buna ek olarak nişasta içeriği ise diğer baklagil bitkilerine nazaran oldukça düşük olup, %0-5 arasındadır. Lüpen tohumlarının içerdiği %5-20 oranındaki yağ oleik ve linoleik asitler bakımından zengin olup (Yorgancılar & Bilgiçli, 2014) kanser önleyici özelliği, düşük karbonhidrat içeriği ve yüksek lif (%30-40) oranı ile insan sağlığı için son derece faydalıdır (Gorecka vd., 2000). Lüpen bitkisinin, içerdiği yüksek protein ve düşük karbonhidrat içeriği sebebiyle özellikle sporcuların uyguladığı diyetlerde kullanım potansiyeli vardır.

Lüpen bitkisinden bulgur üretimi üzerine çalışmalar yapan Yorgancılar & Bilgiçli (2010), tatlı lüpen türlerinden bulgur üretiminin gluten hassasiyeti olan insanların beslenmesine sunulmasının oldukça önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Ülkemiz mutfağının vazgeçilmez bir çorbası olan tarhana yapımında lüpen unu kullanılmış ve damak tadına uygun olduğu bildirilmiştir (Ertaş vd., 2014; Çevik & Ertaş, 2019).

### 2.2. Hayvan beslemede kullanımı

Lüpen bitkisinin içerdiği alkaloid ve glikozitler, hayvan beslemedeki kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Çünkü lüpen bitkisi hayvanlar tarafından aşırı miktarda tüketildiğinde lupanin ve lupin gibi alkaloidler toksikasyona neden olurlar. Ancak günümüzde yetiştirilen lüpen çeşitlerinin alkaloid içeriği önceki yıllarda üretilen lüpen çeşitlerine oranla oldukça azaltılmıştır (Leeson & Summer, 1997). Bu özelliklere sahip lüpen çeşitleri, kontrollü olmak koşuluyla, hayvan beslemede güvenle kullanılmaktadır.

Ak lüpen (*L. albus* L.), sarı lüpen (*L. luteus* L.) ve mavi lüpen (*L. angustifolius* L.) gibi Akdeniz ülkeleri menşeli olan, tatlı lüpen olarak bilinen ve düşük alkaloid oranına sahip lüpen türleri, hayvan beslemede önemli rol oynamaktadır (Okuyucu & Okuyucu, 2008; Yorgancılar vd., 2020).

Lüpen tohumları tek yıllık bitkilerle karışık ekilerek otlatmak suretiyle veya otsu gövdesi çiçeklenme öncesi biçilmek suretiyle yeşil yem olarak veya hasat olgunluğundan 3-4 hafta önce hasat edilmek suretiyle silaj olarak veya tohumları yem rasyonlarına katılmak suretiyle çeşitli hayvanların beslenmesinde kullanılmaktadır (Yorgancılar vd., 2020). Örneğin, protein bakımından zengin olan lüpen tanelerinin etlik piliç beslenmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Tüzün, 2013). Lüpen tohumlarının canlı ağırlık artışına olumlu etkileri sebebiyle balık yemi karışımlarında da kullanılabileceği bildirilmiştir (Yiğit & Koca, 2011). Tanelerinin, vitaminler, mineraller, yağ ve protein bakımından zenginliği nedeniyle önerilen yem karışımlarına eklenme oranına uyulmak şartıyla hayvan beslenmesinde güvenilir biçimde kullanılması mümkündür.

### 2.3. İnsan sağlığı üzerine etkileri

Lüpen tohumları polifenoller, karotenoidler, bitki steroller, tokoferoller, antimikrobiyal, kanser önleyici ve iltihap giderici etkilere sahip proteinler içerir (Khan vd., 2015). İçerdiği alkaloidler, lüpenin hem insan sağlığı hem de ilaç bilimi açısından değerini artırmaktadır (Bilgiçli vd., 2012; Tüzün, 2013; Yorgancılar & Bilgiçli, 2014).

Acı baklanın günlük tüketiminin hipertansiyon ve insülin direnci gibi sorunlara olumlu etkide bulunduğu gözlenmiştir (Arnoldi, 2005). Tanelerinin içerdiği arginin aminoasidi kandaki şeker oranının ve kolesterol seviyelerinin düşürülmesine etkili olmaktadır (Yorgancılar vd., 2020).

Tatlı lüpen tanelerinin öğütülerek tüketilmesinin, kardiyolojik hastalıklar, hipertansiyon, kemik erimesi ve diyabet hastalıklarında iyileştirici özelliklere sahip olduğu saptanmıştır (Yorgancılar vd., 2020). Tohumlarının içerdiği lupanin, lupin ve spartein gibi alkaloidlerin, kalın bağırsak, prostat, göğüs, karaciğer kanseri ve melanom gibi birçok kanser hastalıklarında gösterdiği sitotoksik etkiden dolayı kanser önleyici olduğu belirlenmiştir (Okuyucu vd., 2004). Lüpenin magnezyum ve potasyum içeriği kalp-damar sağlığını korumakta pozitif etkide bulunmaktadır. Obezite sorunu üzerindeki olumlu etkisi yanında, lif ve protein oranının fazla oluşu şeker hastalığını kontrol etmede de yardımcıdır. Lüpen, prebiyotik özelliğiyle düzensiz bağırsak sendromu gibi bağırsak komplikasyonlarının giderilmesine, bağırsak hareketliliğine destek olmaktadır (Akalin vd., 2009). Olgun tohumları kaynar suda haşlanarak tüketildiğinde kurt düşürücü etki yapar. Ayrıca, diüretik özelliği vardır ve idrar yollarını temizler. Böbrek inflamasyonunu giderir, böbrekte oluşan taş ve kumların düşürülmesine yardım eder. Baş, romatizmal ağrı, lumbago ve siyatik ağrılarını dindirir. Kandaki albümin miktarını düşürür.

### 2.4. Organik tarım uygulamalarında kullanımı

Artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacının karşılanması tarımsal üretimin artırılmasıyla mümkündür. Ancak, yeterli üretimin sağlanması sentetik kimyasal tarım ilaçlarının kullanılma zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Toprak ve su kirliliğine neden olan

kimyasal yabancı ot öldürücüler, zararlılara karşı kullanılan insektisitler, sentetik besin maddeleri ve gübre kullanımı, büyüme düzenleyiciler ve hormonlar, son yıllarda insan sağlığı ve doğaya olumsuz etkilerde bulunmaktadır.

Baklagil bitkilerinin en önemli özelliği toprak ıslahında oynadığı roldür. Bilindiği gibi, baklagiller familyasına ait bitkiler, özel kök sistemleri sayesinde, havanın serbest azotunu toprağa fikse etme yeteneğine sahiplerdir. Böylece, toprağın azot bakımından zenginleşmesini sağlamaktadırlar. Bu olumlu özelliğini, köklerinde yaşayan Rhizobium bakterilerinin faaliyetinden almaktadır. Bunun yanında, toprağın havalanmasına da yardımcı olmaktadır. Lüpen bitkisi de kazık köke sahip bir baklagil bitkisi olduğundan, toprak yapısına olumlu etkide bulunur, toprağı havalandırır ve toprak derinliklerinden alınması zor besin maddelerinden en iyi şekilde yararlanabilir (Hanett, 2006). Bu nedenle lüpen, son yıllarda oldukça güncel olan organik tarım metoduyla bitkisel ürün elde edilmesi faaliyetlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Okuyucu vd., 2004).

Bilinçli toplumlarda doğal ve sağlıklı beslenme amacıyla bitkisel ürün yetiştirmede sentetik kimyasal içeriklerden uzak durulmaktadır. Bu amaçla yapılan, organik tarım uygulamalarında lüpen (*Lupinus* sp.) tohumlarından çıkarılan özütün toprak solucanlarına ve böceklere karşı bitkiyi korumak amacıyla biyoinsektisit (biyolojik kökenli böcek öldürücü) olarak uygulanmasının öldürücü etki yaptığı bildirilmiştir (Yıldız, 2011; Yorgancılar vd., 2020). Yine biyolojik böcek öldürücü niteliğindeki lüpen tohumu özütü, Brukus (*Callosobruchus maculatus* F.) ergini bulunan tohumlara çeşitli dozlarda uygulanmış ve temas etki sonucu böceklerin hemen hemen tamamını öldürdüğü görülmüştür (Elmalı & Cetin, 2018; Yorgancılar vd., 2020). Böylece, çevre ve doğaya zarar vermeden ve ürün üzerinde kimyasal kalıntı riski olmadan zararlı mücadelesi sağlanabilmektedir.

Ayrıca, lüpen tohumundan elde edilen ekstrakt *Lactuca sativa* (marul), *Daucus carota* (havuç), *Beta vulgaris* (pancar) ve *Brassica oleracea* (lahana) bitkilerinin yapraklarına uygulanmış, lahana dışında kalan diğer tüm bitkilerde büyümede olumlu etki yapmıştır (Van der Watt & Pretorius, 2011; Yorgancılar vd., 2020). Bu durum, lüpen bitkisinin organik tarımda biyostimülantör olarak kullanımına olanak tanımaktadır.

#### 4. Sonuç

Acı bakla (*Lupinus angustifolius* L.), zengin protein ve yağ içeriğinin yanı sıra zengin besin bileşenleri ile insan ve hayvan beslenmesine olan olumlu katkıları ve aynı zamanda toprak ıslah etmedeki değeri dolayısıyla son yıllarda oldukça önem kazanan bir baklagil bitkisidir. Bu durum, özellikle alkaloid içeriği ıslah yoluyla azaltılmış, üstün kompozisyona sahip türlerin geliştirilmesi ve yetiştirilmesi, alternatif kullanım alanlarının artırılması, toplum düzeyinde gıda olarak tüketimi konusunda farkındalık oluşturulması ve sağlık üzerine olan olumlu etkileri konusunda bilinçlendirme çalışmaları yapılmasının önemini göstermektedir.

#### 6. Kaynaklar

- Akalın, H. Ş., Toparlı, R., Gözaydın, N., Zülfiyar, H., Argunşah, M., Demir, N., Aksu, B. T., & Gültekin, B. (2009). Türkçe Sözlük. Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 1960s.
- Arnoldi, A. (2005). Optimised processes for preparing healthy and added value food ingredients from lupin kernels, the European protein-rich grain legume. Proceedings of the Final Conference of the European Project. November 9-10, 2005. Aracne, Milan.
- Baytop, T. (1994). Türkçe bitki adları sözlüğü (No:78). *Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu-Türk Dil Kurumu Yayınları*.
- Bilgiçli, N., Yorgancılar, M., Acar, R., Atalay, E., & Tanur, M. (2012). Lüpenin (Lüpen=*Lupinus albus* L.) Sağlık ve Beslenme Açısından Önemi ve Gıda Sektöründe Kullanımı. In *III. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Bildiri Kitabı*. (pp. 454-457)
- Çevik, A., & Ertaş, N. (2019). Effect of quinoa, buckwheat and lupine on nutritional properties and consumer preferences of tarhana. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(2), 145-155. <https://doi.org/10.3920/QAS2018.1305>
- Dervas, G., Doxastakis, G., Hadjisavva-Zinoviadi, S., & Triantafillakos, N. (1999). Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties. *Food Chemistry*, 66(1), 67-73.
- Elmalı, F. N., & Çetin, H. (2018). Determination of acaricidal and insecticidal effects of lupin (*Lupinus albus* L.) seed extract on tetranychus cinnabarinus, callosobruchus maculatus and plodia interpunctella. *4th International Conference on Environmental Science and Technology (ICOEST)*, September 19-23, 2018, Kiev, Ukraine.
- Ertaş, N., Bilgiçli, N., Özcan, S., & Sarı, Ş. (2014). Influence of lupin (*Lupinus albus* L.) yoghurt on mineral content and functional properties of tarhana. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(4), 395-401. <https://doi.org/10.3920/QAS2013.0244>
- Gorecka, D., Lampart-Szczapa, E., Janitz, W., & Sokolowska, B. (2000). Composition of fractional and functional properties of dietary fiber of lupines (*L. luteus* and *L. albus*). *Food/Nahrung*, 44(4), 229-232.
- Hakkı, E. E., Yorgancılar, M., Atalay, E., Uyar, S., & Babaoğlu, M. (2007). Basit tekrarlı diziler arası polimorfizm (BTDAP= ISSR) tekniği ile yerli lüpen genotiplerinde (*Lupinus albus* L.) genetik varyasyonun belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2, 1-5.
- Hanett, P. (2006). Die Lupinen zur Botanik und Geschichte und wirtschaflich wichtiger Lupinenarten. *Die Neue-Brehm-Bücherei, Band 265*, 104.
- Hodgson, J. & Lee, Y., (2008). Potential for benefit of lupin on obesity and cardiovascular disease risk in humans. *Proceedings of the 12th International Lupin Conference*, 14-18 Sept. 2008, Fremantle, Western Australia, 466- 468.
- Khan, M. K., Karnpanit, W., Nasar-Abbas, S. M., Huma, Z. E., & Jayasena, V. (2015). Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(9), 2004-2012.
- Leeson, S., & Summers, J. D. (1997). Ingredient evaluation and diet formulation. *Commercial poultry nutrition*, 2, 10-11.
- Mülayim, M., & Acar, R. (2008). Konya'nın yöresel değeri ak acı bakla (Lüpen=Termiye) bitkisi ve kullanımı. *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, 11(30), 44-49.
- Okuyucu, B. R., & Okuyucu, F. (2008). Kimi lüpen türlerinin (*Lupinus* L. species) içerik maddeleri, yem değeri ve hayvan beslemede kullanılmaya olanakları. *Hayvansal Üretim*, 49(2).
- Okuyucu, F., Akdemir, H., Kır, B., Okuyucu, B. R., & Baylan, M. (2004). Ödemiş koşullarında bazı ak acı (*Lupinus albus* L.), sarı tatlı (*Lupinus luteus* L.) ve mavi tatlı (*Lupinus angustifolius* L.) lüpen çeşitlerinin verim ve besin madde içerikleri üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(3).
- Sandoval-Muñiz, R. D. J., Vargas-Guerrero, B., Guzmán, T. J., García-López, P. M., Martínez-Ayala, A. L., Domínguez-Rosales, J. A., & Gurrola-Díaz, C. M. (2018). Lupin gamma conglutinin protein: Effect on Slc2a2, Gck and Pdx-1 gene expression and GLUT2 levels in diabetic rats. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28, 716-723.
- Tanur Erkoyuncu, M., Yorgancılar, M., & Atalay, E. (2015). Farklı demir dozlarının lüpen bitkisinde fide döneminde fotosentetik verime etkisi. *11. Tarla Bitkileri Kongresi*. 7-10 Eylül 2015, Çanakkale, 434-437.
- Tüzün, A. E. (2013). Alternatif bir protein kaynağı lüpenin (*Lupinus* L.) etlik piliçlerin beslenmesinde kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 54(1), 50-54.



- Van der Watt, E., & Pretorius, J. C. (2011). In vitro and in vivo bio-stimulatory properties of a *Lupinus albus* L. seed suspension. *Crop and Pasture Science*, 62(3), 189-197.
- Yorgancılar, M., Atalay, E., & Babaoğlu, M. (2009). Acılığı giderilmiş termiye tohumlarının (Lüpen=*Lupinus albus* L.) mineral içeriği. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 23(50), 10-15.
- Yorgancılar, M., & Bilgiçli, N. (2010). Alternative usage of lupin (*Lupinus albus* L.) seeds. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3&4), 167-169.
- Yorgancılar, M., & Bilgiçli, N. (2014). Chemical and nutritional changes in bitter and sweet lupin seeds (*Lupinus albus* L.) during bulgur production. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1384-1389. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0640-0>
- Yorgancılar, M., Başarı, D., Atalay, E., & Tanur Erkoyuncu, M. (2020). Fonksiyonel bir gıda: Lüpen (Termiye). *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 9(1), 89-101.
- Yigit, N. O., & Koca, S. B. (2011). The use of enzyme in fish feeds. *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(3), 205-212.
- Yildiz, S. (2011). Rotational and nematicidal effect of lupine (*Lupinus albus* L). *African Journal of Biotechnology*, 10(61), 13252-13255. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1881>



## *Cydia pomonella* (L)'da İnsektisit Direnci ve Mekanizmaları: Küresel Durum

Mustafa Murat Yeşilirmak<sup>1\*</sup>, Recep Ay<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Isparta-Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – Isparta - Türkiye

\*Sorumlu yazar: mustafamuratyesilirmak@hotmail.com

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 17/02/2023

Kabul tarihi: 29/04/2023

**Anahtar Kelimeler:** *Cydia pomonella*,  
Direnç, Elma içkürdu, İnsektisit

DOI: 10.55979/tjse.1252173

### ÖZET

Dünya genelinde *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) yumuşak çekirdekli meyvelerin (elma ve armut) ve cevizin önemli bir zararlısıdır. Çevreyle uyumlu entegre mücadele yöntemleri; kitle yakalama yöntemi, şaşırtma tekniği ve kısır böcek salımı, parazitoit salımı, *Bacillus thuringiensis* kurstaki, *C. pomonella* granül virüsü, bakteri kökenli yeni nesil bioinsektisitlerin kullanımı gibi yöntemler *C. pomonella* popülasyonlarını baskı altına almak için kullanılmaktadır. Ancak bu uygulamalar tek başına kullanıldığında içkürdu popülasyonlarını istenilen seviyede baskı altına alamamaktadır. Bu nedenle, neredeyse tüm yumuşak çekirdekli meyve üreten ülkelerde *C. pomonella* mücadelesi, insektisitler kullanılarak yapılmaktadır. Dünya çapında insektisitlerin yoğun kullanımı sonucunda *C. pomonella*'nın organofosfat, karbamat, pyrethroid, benzoilurea, neonicotinoid, granülovirüs, DDT, fenoxycarb, arsenat, diacylhiazine ve cyclodiene organoklorlular sınıfındaki insektisitlere direnç geliştirdiği belirlenmiştir. Bu derlemede geçmişten günümüze kadar farklı *C. pomonella* popülasyonlarının belirlenen'nin insektisit direnci, biyokimyasal ve moleküler mekanizmaları özetlenmiştir.

## Insecticide Resistance and Mechanisms in *Cydia pomonella* (L): Global Situation

### ARTICLE INFO

Received: 17/02/2023

Accepted: 29/04/2023

**Keywords:** *Cydia pomonella*, Resistance,  
Codling moth, Insecticide

DOI: 10.55979/tjse.1252173

### ABSTRACT

*Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) is an important pest of pome fruits (apples and pears) and walnuts worldwide. Integrated control methods compatible with the environment; such as the mating disruption technique, mass trapping and sterile insect technique, parasitoid release, *Bacillus thuringiensis* kurstaki, *C. pomonella* granule virus and applying new generation bioinsecticides of bacterial origin have been used to suppress *C. pomonella* populations. However, these management methods cannot suppress the codling moth populations at desired level when they are used alone. Therefore, in almost all pome fruit producing countries, *C. pomonella* is controlled by insecticides. As a result of the intensive use of insecticides worldwide, it has been determined that *C. pomonella* has developed resistance to wide range of pesticides including organophosphate, carbamate, pyrethroid, benzoilurea, neonicotinoid, granulavirus, DDT, fenoxycarb, arsenate, diacylhiazine and cyclodiene organochlorines. In this review, insecticide resistance, biochemical and molecular mechanisms of different populations of *C. pomonella*, which have been determined from past to present, are summarized.

### 1. Giriş

*Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) ergin dişileri gri renkli 10 mm uzunluğunda, her iki kanat ucunda üçgen şeklinde koyu renkte leke ile diğer güvelerden ayrımı yapılmaktadır. Kışı ördükleri kokonlar içerisinde olgun larva olarak çatlamış ağaç kabukları ve yere dökülmüş toprakta bulunan kalıntılar arasında geçirir (Alford, 1984). Larva erken ilkbaharda sıcaklık 10 °C'yi aştığında koza içerisinde pupaya dönüşür. Çevre sıcaklığına bağlı olarak pupa dönemi 7-30 gün sürer. Teorik olarak, Ocak ayından itibaren etkili sıcaklıkların kümülatif toplamı 250 gün dereceyi bulduğunda 1. nesil larva çıkışı, 800 gün dereceyi bulduğunda ise 2. nesil belirlenir. 1. nesil ergin çıkışları Mayıs ayı başından itibaren başlayıp temmuz ayı ortalarına kadar, 2. nesil çıkışları ise Temmuz ayı ortasından Ağustos ayı ortasına kadar devam eder (Higbee vd., 2001).

*C. pomonella* küresel anlamda yumuşak çekirdekli meyvelerin (elma ve armut) ve cevizin önemli bir zararlısıdır (Reyes vd., 2007; Voudouris vd., 2011; Yang

& Zhang, 2015). Zararlı ile mücadelenin yapılmadığı meyve bahçelerinde, zarar oranları elma bahçelerinde %80 ve armut bahçelerinde ise %60'a kadar ulaşabilmektedir (Wan vd., 2019).

Çevreyle uyumlu entegre mücadele yöntemleri şaşırtma tekniği, kitle yakalma yöntemi ve kısır böcek salımı, parazitoit salımı, *Bacillus thuringiensis kurstaki*, *C. pomonella* granül virüsü, bakteri kökenli yeni nesil bioinsektisitler kullanımı gibi yöntemler *C. pomonella* popülasyonlarını baskı altına almak için kullanılmıştır. Ancak bu uygulamalar tek başına *C. pomonella* popülasyonlarını baskı altına alamamaktadır. Bu nedenle, neredeyse tüm yumuşak çekirdekli meyve üreten ülkelerde *C. pomonella* mücadelesi, kimyasal mücadele ile yapılmaktadır (Calkins & Faust, 2003).

Geçmişten günümüze kadar organofosfatlar, neonicotinoidler, hidrazinler, benzoilüreler, piretroidler, diamidler, spinosinler, avermektinler, JH mimikleri, karbamatlar, oksadiazinler, CpGV'ler ve organoklorinler dahil olmak üzere 13 insektisit sınıfı *C. pomonella* kontrolü

için önerilmiş veya kullanılmıştır (Reyes vd., 2007; Rodríguez vd., 2011; Bosch vd., 2018). Günümüze kadar kullanılan insektisit sınıfları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Ülkemizde ise hali hazırda ruhsatlı 11 farklı etki mekanizmasına sahip insektisit vardır. Bunlar asetilkolinesteraz inhibitörleri (organofosfatlar), sodyum kanalı modülatörleri (pyrethroid), nikotinik asetilkolin reseptör agonistleri (neonikotinoid), nikotinik asetilkolin reseptör agonist allosterik modülatörleri (spinosin), klorid kanal aktivatörleri (avermektin), voltaj-bağımlı sodyum kanal blokerleri (oxadiazine) ve ryanodine reseptör modülatörleri (diamide), kitin biyosentez inhibitörleri (benzoylurea), ekdizon agonistleri (diacylhydrazine), böcek mide zarını bozan mikrobiyal bozucular (*Bacillus thuringiensis*) ve baculovirüsler (Granulavirüsler) (Anonim, 2023a).

Bu insektisit grupları arasında diamidler tüm dünyada *C. pomonella* mücadelesinde en yaygın kullanılan insektisit grubunu oluşturur ve bunu hidrazinler, oksadiazinler, piretroidler ve spinosinler takip eder. Birçok ülkede *C. pomonella* mücadelesi için avermektinler, neonikotinoidler, organofosfatlar ve benzoylurea’lar da önerilmiştir (Ju vd., 2021).

## 2. *Cydia pomonella*’nın Direnç Durumu

1914 yılından Günümüze kadar 629 adet böcek ve akar türünün bir veya daha çok insektisite direnç geliştirdiği belirlenmiştir. Günümüze kadar *C. pomonella*’nın belirlenen 196 direnç vakasından; sentetik insektisitlerden 11 insektisit grubundan (organofosfat, karbamat, pyrethroid, benzoylurea, neonikotinoid, granulavirüs, DDT, fenoxycarb, arsenat, diacylhydrazine ve cyclodiene organoklorin) 22 aktif maddeye karşı direnç geliştirdiği bildirilmiştir (Anonim, 2023b). İnsektisit sınıflarının ülkelere göre direnç durumu Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Yoğun insektisit kullanımı *C. pomonella* direncinde seleksiyon baskısına neden olmuştur (Balasko vd., 2020). *C. pomonella*’nın ilk kez 1928’de Amerika Birleşik Devletleri’nde Virginia eyaleti bahçe popülasyonunda kurşun arsenat’a karşı direnç geliştirdiği tespit edilmiştir (Hough, 1928). O zamandan beri, dünya çapında elma yetiştirilen başlıca bölgelerin neredeyse tamamında yeni direnç vakaları bildirilmiştir. 1980’ler ve 1990’lar boyunca Avrupa’da *C. pomonella* mücadelesi, geniş spektrumlu insektisitler (piretroidler ve organofosfatlar (OP)) kullanılarak sağlanmıştır. Ancak, söz konusu zararlı bu insektisitlere karşı hızlı bir şekilde direnç geliştirmiştir (Sauphanour vd., 2000). Amerika’da *C. pomonella*’nın tarla popülasyonlarında, DDT’nin piyasaya sürülmesinden kısa bir süre sonra söz konusu insektisite karşı direnç saptanmıştır (Cutright, 1954; Glass & Fiori, 1955; Hamilton, 1956; Madsen & Hoyt, 1958).

Avrupa’da söz konusu zararlıda insektisit direnci ilk olarak 1994 yılında İtalya ve güneydoğu Fransa’da elma bahçelerinde diflubenzuron’a karşı rapor edilmiştir (Sauphanor & Bouvier, 1995).

Daha önce yapılan çalışmalarda, *C. pomonella*’nın günümüze kadar Arjantin, Türkiye, Ermenistan,

Avustralya, Kanada, Şili, Çin, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İsrail, Şili, İtalya, Güney Afrika, İspanya, İsviçre ve ABD olmak üzere en az 16 ülkede direnç geliştirdiği belirlenmiştir (Anonim, 2023b).

1950–2020 yılları arasında, Fransa ve İspanya’da 11 insektisit sınıfından, ardından İtalya’da 10 insektisit sınıfından farklı insektisitlere karşı direnç bildirilmiştir. Zararlının mücadelesinde Şili, Macaristan, İsrail ve Türkiye’de 9’dan fazla insektisit sınıfı rotasyon dahilinde kullanıldığından, yalnızca 1-2 insektisit grubuna karşı direnç geliştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Fransa, İtalya ve İspanya’da *C. pomonella* için çok sayıda direnç durumu rapor edilmiştir (Ju vd., 2021).

İren (1966), tarafından ülkemizde ilk defa arazi koşullarında Konya, Niğde, Kayseri, Kastamonu, Tokat ve Ankara illeri elma bahçelerinde 1962-1964 yılları arasında *C. pomonella*’nın DDT’ye direnç durumunu araştırılmıştır.

Yine İşçi (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, Isparta ili ve ilçelerin’den toplanan *C. pomonella* popülasyonlarında chlorpyrifos, diflubenzuron ve chlorantraniliprole karşı düşük, thiacloprid’e karşı orta düzeyde direnç belirlenmiştir.

Farklı insektisit sınıflarının ayırıcı doz denemeleri direnç durumunu belirlemede etkili olmuştur. Ayırıcı doz denemeleri sonucunda organofosfat, neonikotinoid, hidrazin, benzoylurea, piretroid, JH mimikleri ve karbamat insektisit sınıflarına karşı tarla popülasyonlarının yarısından fazlasında ölüm oranında bir azalma gözlenmiştir (Ju vd., 2021). Bu durum *C. pomonella*’nın insektisitlere karşı geliştirdiği direncin dünya çapında ciddi ve büyüyen bir sorun olduğunu göstermektedir.

### 2.1. *Cydia pomonella*’nın organofosfat insektisit sınıfına karşı direnç durumu

Organofosfatlar 1940’lı yıllarda piyasaya sürülmüştür (Silva vd., 2014). Organofosfatların *C. pomonella* mücadelesinde yoğun ve gelişigüzel kullanımı sonucu 14 farklı ülkede zararlıda direnç saptanmıştır. Organofosfat insektisit sınıfından parathion direnç ilk olarak 1989’da Wilkes County, North Carolina (ABD)’de rapor edilmiştir (Bush vd., 1993). Daha sonra zararlının bu bölgede ve Arjantin, Şili, Çek Cumhuriyeti, İsrail, İtalya, İsviçre ve Çin gibi diğer ülkelerden azinphos-metil ve phosmet gibi diğer OP’lere karşı da direnç geliştirdiği bildirilmiştir (Fuentes-Contreras vd., 2014; Yang & Zhang, 2015; İşçi & Ay, 2017). Azinphos methyl, parathion, phosmet, phosalone ve chlorpyrifos ethyl çoğu ülkede *C. pomonella* mücadelesi için kullanılan başlıca OP’lerdir ve bildirilen direnç vakaların çoğundan sorumludurlar. OP’ler 70 yıl önce piyasaya sürüldüğünden dolayı bu insektisitlere karşı yayınlanmış direnç vakalarının sayısı yüksektir. Yang & Zhang (2015), Çin’de dört farklı *C. pomonella* popülasyonu ile gerçekleştirdiği ayırıcı doz denemelerinde zararlının chlorpyrifos ethyl’e karşı direnç geliştiğini belirlemişlerdir. Soleno vd. (2008), Arjantin’den toplanan popülasyon ile gerçekleştirdikleri ayırıcı doz

denemelerinde üç popülasyonda azinphos methyl'e direnç saptamışlardır.

## 2.2. *Cydia pomonella*'nın piretroit insektisit sınıfına karşı direnç durumu

Piretroidler memelilere karşı düşük toksisiteleri ve böcekler üzerinde güçlü ilk etkileri nedeniyle 1980'lerde sık kullanılmaya başlamıştır. Ancak günümüze kadar yoğun bir şekilde kullanılmaları nedeniyle, söz konusu zararlının birçok ülkede piretroidlere karşı direnç geliştirildiği bildirilmiştir (Elliott, 1989; Silva vd., 2014). Avignon'dan (Fransa) bahçe popülasyonu, deltametrine karşı oldukça yüksek (372 kat) direnç geliştirmiştir (Sauphanor & Bouvier, 1995). Zararlı ile deltametrine karşı gerçekleştirilen ayrırcı doz denemelerinde, Fransa ve

Ermenistan'dan toplanan hassas popülasyonların %99.5'ini öldürebilen dozu 100 mg/L olduğu belirlenmiştir (Reyes vd., 2007). Farklı ülkelerden toplanan tarla popülasyonlarının çoğunda piretroidlere karşı benzer bir doz belirlenmiştir (Reyes vd., 2007; Mota-Sanchez vd., 2008). İspanya'da 20 farklı tarla popülasyonunun 10 farklı aktif maddeye karşı direnç durumu araştırılmıştır. Popülasyonların tamamının methoxyfenozide ve lambda-cyhalothrine karşı yüksek oranda dirençli olduğu ve %50'sinin ise thiaclopride karşı direnç geliştirdiği belirlenmiştir (Bosch vd., 2018). Çin'in kuzeydoğusundaki Zhangwu armut bahçesinden toplanan bir popülasyonda lambda-cyhalothrine karşı orta seviyede (16.97 kat), kuzeybatı bölgesinde ise düşük seviyede direnç belirlenmiştir (Yang & Zhang, 2015; Wei vd., 2020).

Çizelge 1. *Cydia pomonella* mücadelesinde kullanılan farklı sınıflardan insektisitlerin ilk piyasaya çıkış tarihleri ile zararlıda direnç durumlarının belirlendiği tarihler ve ülkeler (Balasko vd., 2020)

Table 1. The first release dates of different classes of insecticides used in the control of *Cydia pomonella*, and the dates and countries where the resistance status of the pest was determined (Balasko vd., 2020)

İnsektisit Sınıfı	Aktif Madde	İlk Piyasaya Çıkışı	İlk Direnç Zamanı ve Bölgesi
Inorganik	Arsenat	1890s-1950s	1928/USA
Klorlu hidrokarbonlar	DDT	1940-1970	1955/USA
	Endosülfan	1960s-1970s	1965/Suriye
Organofosfatlar	Azinphosmethyl	1950	1991/USA
	Chlorpyrifos-ethyl	1960	2011/Fransa, İspanya
	Phosmet	1970	1999/USA
Karbamatlar	Carbaryl	1970	2012/İspanya
Piretroidler	Deltamethrin	1970	2001/Çin
	Lambda-cyhalotrin	1980	2008/USA
Mikrobiyal İnsektisitler	<i>Cydia pomonella</i> granulovirus	1980	2007/Almanya
	Diflubenzuron		1988/USA
Benzoylureas	Triflumuron	1970	1995/Fransa
	Teflubenzuron		1995/Fransa
	Flufenoxuron		2011/İspanya
	Tebufenozide		1995/Fransa
Hidrazinler	Methoxyfenozide	1990	2008/USA
	Acetamiprid		2010/USA
Neonikotinoid	Thiacloprid	2001	2011/İspanya

## 2.3. *Cydia pomonella*'nın neonikotinoid insektisit sınıfına karşı direnç durumu

İlk neonikotinoid insektisit imidacloprid 1991 yılında piyasaya sürülmüştür. 2014 yılında bu insektisit sınıfı, toplam küresel böcek ilacı satışlarının %25'inden fazlasını oluşturmuştur (Bass vd., 2015). Neonikotinoidlere (thiacloprid ve imidacloprid) direnç vakası ilk kez 2003 yılında İsviçre'de bildirilmiştir (Pasquier & Charmillot, 2004) Günümüze kadar 5 ülkede neonikotinoid sınıfına karşı direnç belirlenmiştir (Anonim, 2023b).

## 2.4. *Cydia pomonella*'nın diğer insektisit sınıflarına karşı direnç durumu

Bazı ülkelerde OP'lerin yasaklanması ve neonikotinoidler ile piretroidlerde karşılaşılan ciddi direnç sorunları nedeniyle, benzoylurealar, JH mimikleri ve karbamatlar gibi diğer insektisit sınıfları, bu zararlının mücadelesi için en yaygın kullanılan insektisitler konumuna gelmiştir (Bosch vd., 2018). Bu insektisit sınıflarının yoğun kullanılması sebebiyle *C. pomonella* tarla popülasyonları benzoylurealar, JH mimiklerine ve karbamatlara karşı direnç geliştirmiştir. Spinosinler, diamidler, oxadiazinler ve avermektinler de birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır ve tarla popülasyonlarının çoğu bu böcek ilaçlarına karşı hala hassastır.

Çizelge 2. İnsektisit sınıflarının ülkelere göre direnç durumu (Anonim, 2023b)

Table 2. Resistance status of insecticide classes by country (Anonim, 2023b)

İnsektisit Sınıfı	Aktif Madde	Ülke	Yılı	Direnç oranı	Kaynak	
Organafosfat	Azinphos-methyl	Arjantin	2011	8.7	Soleno vd., 2012	
		Kanada	2010	5.2	Grigg & McGuffin, 2015	
		İsrail	2000-2001	7	Reuveny & Cohen, 2004	
			2005-2006	5	Mota-Sanchez vd., 2008	
		ABD	1991	3.6	Knight vd., 1994	
			1989	6.2	Varela vd., 1993	
		İspanya	1998	7.9	Reyes vd., 2011	
		Phosalone	Çek Cumhuriyeti	2004	4.73	Stara & Kocourek, 2007
		Parathion		1989	8.3	Bush vd., 1993
		Phosmet	ABD	2004-2005	7	Mota-Sanchez vd., 2008
2005-2006	8					
Hydrazinler	Tebufenozide	Fransa	1994	26	Sauphanor & Bouvier, 1995	
		ABD	1999	3.89	Knight vd., 2001	
	Methoxyfenozide	ABD	1999	4.99	Knight vd., 2001	
			1999	11.37		
		2005-2006	14	Mota-Sanchez vd., 2008		
			2004-2005		16	
		İspanya	2011	14.6	Bosch vd., 2018	
			2011	15.9		
	Piretroidler	λ-cyhalothrin	Arjantin	2012	30.55	Soleno vd., 2020
				36.7		
37.54						
Çin			2018	16.97	Wei vd., 2020	
			2005-2006	6		
ABD			2004-2005	10	Mota-Sanchez vd., 2008	
			2011	62.8		
İspanya			2011	7.7	Bosch vd., 2018	
			2012	22.8		
			1994	3		
Deltamethrin	Fransa	1994	372	Sauphanor & Bouvier, 1995		
		2012	16.47	İşçi & Ay, 2017		
		2009	3.5	Knight vd., 2010		
		2011	11.2	Bosch vd., 2018		
Neonikotinoid	Thiacloprid	İspanya	2011	11.2	Bosch vd., 2018	
			2004	7.89		Stara & Kocourek, 2007
		Fransa	1994	7	Sauphanor & Bouvier, 1995	
			2005	4.21	Stara & Kocourek, 2007	
Benzoylureas	Teflubenzuron	Fransa	1994	7	Sauphanor & Bouvier, 1995	
			2005	4.21	Stara & Kocourek, 2007	
			1994	102	Sauphanor & Bouvier, 1995	
JH Taklitçisi	Fenoxycarb	Çek	2005	14.21	Stara & Kocourek, 2007	
Diamidler	Chlorantraniliprole	İspanya	2008	4.7	Bosch vd., 2018	
Oxadiazinler	Indoxacarb	ABD	2005-2006	6	Mota-Sanchez vd., 2008	
Spinosyns	Spinosad	ABD	2004-2005	3		

## 2.5. *Cydia pomonella*'nın granula virüslere karşı direnç durumu

Kimyasal insektisitlere ek olarak, ticari *C. pomonella* granulo virus (CpGV'ler), *C. pomonella*'nın biyolojik mücadelesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CpGV ürünleri 1987'de ruhsatlandırılmış ve hedef olmayan böceklerle ve hayvanlara zararsız olması nedeniyle *C. pomonella* mücadelesinde dünya çapında yumuşak

çekirdekli meyve yetiştiren hemen hemen tüm ülkelerde bir biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılmaktadır. Söz konusu zararlıda CpGV'ye karşı ilk direnç 2005 yılında Almanya'da rapor edilmiş olup, daha sonra yapılan çalışmalarda Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda ve İsviçre'nin meyve bahçelerinde zararlı *C. pomonella* için CpGV mücadelesinde başarısızlıklar bildirilmiştir (Jehle vd., 2017).

### 3. Direnç Mekanizmaları

Bugüne kadar *C. pomonella*'da görülen insektisit direnç mekanizmalarına ilişkin yapılan çalışmalarda "detoksifikasyon enzimleri" ve "hedef bölge nokta mutasyonu" olmak üzere iki direnç mekanizması rapor edilmiştir (Ju vd., 2021).

#### 3.1. *Cydia pomonella*'nın Biyokimyasal Direnç Mekanizması

*C. pomonella* metabolik direncinde Sitokrom P450, esterazlar ve GST'ler rol oynamaktadır (Rodríguez vd., 2010; Bosch vd., 2018).

P450'ler, insektisitler ve bitki toksinleri gibi xenobiotikleri metabolize eden önemli bir metabolik enzim grubudur (Li vd., 2007; Feyereisen, 2012). İspanya, Fransa, Yunanistan ve Türkiye'den toplanan diflubenzuron, deltametrin, azinphos-methyl, chlorpyrifos-ethyl, fenoxycarb, phosalone, tebufenozide, thiacloprid ve chlorantraniliprole dirençli popülasyonlarda gibi etkili maddeli insektisitlere karşı dirençli *C. pomonella* popülasyonlarında, oldukça yüksek P450 enzim aktiviteleri belirlenmiştir (Bouvier vd., 2002; Voudouris vd., 2011; İşci & Ay, 2017; Bosch vd., 2018). Laboratuvar koşullarında deltamethrine karşı 3 170 kat direnç kazandırılan *C. pomonella* Fransa popülasyonunda P450 enzim miktarında artış belirlenmiştir (Sauphanour vd., 1997). Fransa, İtalya, İsviçre, Ermenistan ve İspanya'dan toplanan *C. pomonella* popülasyonlarında belirlenen azinphos-methyl, diflubenzuron, spinosad, tebufenozide ve thiaclopride karşı belirlenen direncin P450 ve GST enzim aktiviteleri ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Reyes vd., 2007). Arjantin'de acetamiprid ve thiaclopride karşı dirençli bulunan 13 farklı popülasyonda yüksek P450 enzim aktivitesi belirlenmiştir (Cichon vd., 2013). Fransa, Almanya, Macaristan, İtalya ve İspanya'dan toplanan *C. pomonella* popülasyonlarının chlorantraniliprole aktif maddesine karşı hassasiyet kaybetmediğini ve bireylerin %12.1 ile %100'nün sitokrom P450 monooksijenaz (P450) enzim aktivitelerinin arttığı belirlenmiştir (Bosch vd., 2018). Acetamipride dirençli bulunan Arjantin Villa Regina popülasyonunda yüksek P450 enzim aktivitesi belirlenmiştir (Parra-Morales vd., 2019). İspanya'da 32 popülasyondan 23'ünde yüksek P450 enzim aktivitesi belirlenmiştir (Dolors vd., 2011). Yine İspanya'da 9 tarla popülasyonunda 5.1-16.6 kat P450 enzim aktivitesi artışı belirlenirken, sadece 1 popülasyonda 3 kat GST, 5 kat EST enzim artışı saptanmıştır (Rodríguez vd., 2011). Fransa, İtalya, Ermenistan ve Şili gibi ülkelerde ise 27 farklı lokasyondan toplanan popülasyonlarda oldukça yüksek P450 enzim seviyesi belirlenmiştir (Franck vd., 2007). 11 farklı ülkeden toplanan 29 farklı popülasyondan Arjantin, Uruguay ve Yunanistan popülasyonlarında yüksek GST ve P450, Çek Cumhuriyeti ve Fransa popülasyonlarında ise yüksek P450 ve düşük EST enzim aktiviteleri belirlenmiştir (Reyes vd., 2009)

*C. pomonella*'nın tarla popülasyonlarında artan GST enzim aktiviteleri ile insektisit direnci arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir (Bouvier vd., 2002; Reyes vd., 2007; Rodríguez vd., 2011; Voudouris vd., 2011). Son

araştırmalar, *C. pomonella*'nın lamda-cyhalothrin ve chlorpyrifos-methyle maruz kalmasından sonra GST aktivitesinin arttığını göstermiştir (Liu vd., 2014). Arjantin'de azinphos-methyle dirençli diyapoz sonrası larvalarda istatistiksel olarak yüksek oranda GST aktivitesi belirlenmiştir (Fuentes-Contreras vd., 2007). Yunanistan'da 38 farklı popülasyondan dirençli bulunanlarda GST enzim artışı belirlenmiştir (Voudouris vd., 2011). Şili'de altı farklı lokasyondaki chlorpyrifos, azinphos-methyl, tebufenozide dirençli bulunan popülasyonlarda yüksek GST enzim aktiviteleri belirlenmiştir (Reyes vd., 2015). Çin'de lambda-cyhalothrin, chlorpyrifos-ethyl, carbaryl ve imidacloprid aktif maddeli insektisitlerin farklı dozları uygulanarak direnç kazandırılan *C. pomonella* popülasyonlarında GST enzim seviyesinin arttığını belirlenmiştir (Yang & Zhang, 2015).

Karboksilesterazlar, kolinesteraz, proteazlar, lipazlar, dehalojenazlar, peroksidazlar ve epoksit hidrolazları içerir (Nardini & Dijkstra, 1999; Wheelock vd., 2005). *C. pomonella*'nın özellikle organofosfatlar ve karbamat sınıfındaki insektisitlere direnci üzerine yapılan çalışmalarda CarE'ların insektisit direncine etkisi, kapsamlı bir şekilde belgelenmiştir (Bush vd., 1993; Reyes vd., 2007; Rodríguez vd., 2010; İşci & Ay, 2017). Örneğin, karboksilesteraz enzim miktarındaki artış chlorpyrifos-ethyl, azinphos-methyl ve phosalone direnciyle ilişkilendirilmiştir (Rodríguez vd., 2010). Bunun aksine Avrupa'da azinphos-methyl, tebufenozide ve thiacloprid'e dirençli tarla popülasyonları (Reyes vd., 2007; Voudouris vd., 2011; Rodríguez vd., 2012) ve kuzeybatı Çin'de chlorpyrifos ve carbaryl'e dirençli popülasyonlarda düşük CarE enzimi belirlenmiştir (Yang & Zhang, 2015). Arjantin'de 2003-2005 yılları arasında azinphos-methyle dirençli bulunan popülasyonlarda belirlenen direncin esteraz enzim aktivitelerinin artışı ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Soleno vd., 2008). İspanya'da flufenoxuron, azinphos-methyl ve phosmete dirençli 9 popülasyonda 5.1-16.6 kat P450, 3 kat GST ve 5 kat EST enzim artışı belirlenmiştir (Rodríguez vd., 2011).

#### 3.2. *Cydia pomonella*'da Belirlenen Hedef Bölge Nokta Mutasyonu

Proteinleri kodlayan hedef genlerin insektisitlerle etkileşime girmesinin sonucu nokta mutasyonları oluşmaktadır (Li vd., 2007; Liu, 2015). *C. pomonella*'da hedef bölgenin insektisitlere duyarsızlığı sonucu oluşan direnç mekanizması daha önceki çalışmalarla belgelenmiştir (Bouvier vd., 2002; Brun-Barale vd., 2005; Cassanelli vd., 2006; Soleno vd., 2020).

*C. pomonella* dahil olmak üzere böceklerde ace-1 ve ace-2 genleri tarafından kodlanan iki AChE nokta mutasyonları tanımlanmıştır (Weill vd., 2003; Cassanelli vd., 2006). Bu iki gen arasından sadece ace-1 geni organofosfat ve karbamat direnciyle ilişkilidir. Azinphos-methyle dirençli Raz popülasyonunda tek bir amino asit yer değiştirmesi F399V bölgesinde belirlenmiştir (Cassanelli vd., 2006). Aynı hedef bölge değişikliği, 2004 ve 2005 yıllarında 11 farklı ülkeden toplanan 29 popülasyondan sadece İspanya popülasyonunda belirlenmiştir (Reyes vd., 2009). Söz

konusu nokta mutasyonu, İspanya'daki Catalunya ve Aragon bölgelerinde 24 popülasyonun tamamında tespit edilmiştir (Bosch vd., 2018). Ace-1 F399V bölgesindeki nokta mutasyonları chlorpyrifos-ethyl, azinphosmethyl ve paraoxon-methyl aktif maddelerine karşı sırasıyla 0.7, 3.2 ve 21.2 kat direnç kazandırılan popülasyonlarda belirlenmiştir (Reyes vd., 2011). İspanya'da (F290V) nokta mutasyonu 21 Catalunya ve 3 Aragon bölgesinde belirlenmiştir (Dolors vd., 2011).

Piretroitlere ve DDT insektisit sınıflarına karşı her biri altı transmembran sarmalından (S1-S6) ve dört bölge (I-IV)'den oluşan voltaj kapılı sodyum kanalında, kdr nokta mutasyonları meydana gelmektedir (Liu, 2015). Günümüze kadar piretroitlere direnç kazanan *C. pomonella* popülasyonlarının sodyum kanallarındaki 1014 (L1014F) bölgesinde leucine phenylalanine aminoasit yer değiştirmesi sonucu kdr mutasyonları belirlenmiştir (Brun-Barale vd., 2005; Soleno vd., 2020). Güneydoğu Fransa'da deltamethrine dirençli Rv popülasyonunda kdr mutasyonu olduğu belirlenmiştir (Bouvier vd., 2002; Brun-Barale vd., 2005). Yeni Zelanda, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Amerika Birleşik Devletleri, Arjantin, Şili ve Uruguay dahil olmak üzere sekiz ülkede L1014F kdr nokta mutasyonu tespit edilmiştir (Reyes vd., 2009). Fransa, İtalya, İsviçre, Ermenistan ve İspanya'dan toplanan 46 popülasyonun tamamında kdr mutasyonu belirlenmiştir (Reyes vd., 2007). İspanya'da ise kimyasal ve şaşırtma tekniği ile mücadele yapılan 12 tarla popülasyonunun tamamında L1014F mutasyonu tespit edilmiştir (Bosch vd., 2018). Arjantin'de lamda-cyhalothrine karşı yüksek seviyelerde (>30 kat) direnç geliştirmiş 10 farklı tarla popülasyonunda L1014F mutasyonları tespit edilip kdr mutasyonunun sıklığı 0.063 ile 0.61 arasında olduğu belirlenmiştir (Soleno vd., 2020). Şili'de yapılan bir çalışmada Molina bölgesinden toplanan popülasyonun %3'ünde kdr nokta mutasyonu belirlenmiştir (Reyes vd., 2015). İspanya Catalunya bölgesinden toplanan 12 popülasyonda L1014F kdr nokta mutasyonu belirlenmiştir (Dolors vd., 2011). Piretroit insektisitlerin yoğun kullanıldığı Güney Fransa ve Ermenistan ülkelerinde kdr mutasyonu belirlenmiştir (Franck vd., 2007). İspanya'daki Catalunya, bölgesinde meyve bahçelerinden toplanan 12 popülasyonun tamamında kdr direnci tespit edilmiştir (Bosch vd., 2018). Yeni Zelanda, Bulgaristan, Fransa, ABD, Arjantin, Şili, Uruguay ülkelerinde 10 popülasyonda kdr mutasyonu belirlenmiştir (Reyes vd., 2009). Ermenistan, Arjantin, Fransa, Yeni Zelanda, Türkiye, ABD, Bulgaristan, Uruguay, İsviçre ve Güney Fransa ülkelerinde 21 popülasyonun tamamında kdr mutasyonu belirlenmiştir (Franck vd., 2012).

#### 4. Sonuç

Dünya çapındaki araştırmacılar 1920'lerden günümüze kadar *C. pomonella*'nın insektisit direncini ve direnç mekanizmaları üzerine çalışmalar yapmaktadır. Dünya çapında, *C. pomonella*'ya karşı yoğun insektisit kullanımı sebebiyle bugüne kadar yapılan çalışmalarda zararlının hemen hemen tüm insektisit sınıflarına karşı direnç geliştirdiği belirlenmiştir. *C. pomonella*'ya karşı başarılı bir entegre direnç yönetimi geliştirmek için direncin izlenmesi, farklı etki mekanizmalı insektisitlerin

rotasyonu, *Bacillus thuringiensis kurstaki*, *C. pomonella* granul virüsü, bakteri kökenli yeni nesil biyolojik insektisitlerin (spinosad, spinetoram) kullanımı, şaşırtma tekniği, kısır böcek salım tekniği ve parazitoit salımı gibi çevre dostu yöntemlerin bir arada kullanılarak insektisit uygulamalarının azaltılması gerekmektedir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 5. Kaynaklar

- Alford, D. V. (1984). *A Color Atlas of Fruit Pests Their Recognition, Biology, and Control*. USA, Wolfe.
- Anonim (2023a). Elma İçkurdu'na Ruhsatlı İnsektisitler. <https://bku.tarim.gov.tr/Zararli/Details/146> (Son erişim tarihi: 5 Ocak 2023)
- Anonim (2023b). Arthropod Pesticide Resistance Database. <https://www.pesticideresistance.org> (Son erişim tarihi: 5 Ocak 2023)
- Balasko, M. K., Mikac, K. M., Lemic, D., & Zivkovic, I. P. (2020). Pest management challenges and control practices in codling moth. *Insects*, 11(38), 1-22. <https://doi.org/10.3390/insects11010038>
- Bass, C., Denholm, I., Williamson, M. S., & Nauen, R., (2015). The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 121, 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.04.004>
- Bosch, D., Rodríguez, M. A., & Avilla, J. (2018). Monitoring resistance of *Cydia pomonella* (L.) Spanish field populations to new chemical insecticides and the mechanisms involved. *Pest Management Science*, 74(4), 933-943. <https://doi.org/10.1002/arch.10052>
- Bouvier, J. C., Boivin, T., Beslay, D., & Sauphanor, B. (2002). Age-dependent response to insecticides and enzymatic variation in susceptible and resistant codling moth larvae. *Insect Biochemistry and Physiology*, 51, 55-66. <https://doi.org/10.1002/arch.10052>
- Brun-Barale, A., Bouvier, J. C., Pauron, D., Berge, J. B., & Sauphanor, B. (2005). Involvement of a sodium channel mutation in pyrethroid resistance in *Cydia pomonella* L., and development of a diagnostic test. *Pest Management Science*, 61(6), 549-554. <https://doi.org/10.1002/ps.1002>
- Bush, M. R., Abdel-All, Y. A., & Rock, G. C. (1993). Parathion resistance and esterase activity in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) from North Carolina. *Journal of Economic Entomology*, 86(3), 660-666. <https://doi.org/10.1093/jee/86.3.660>
- Calkins, C. O., & Faust, R. J. (2003). Overview of areawide programs and the program for suppression of codling moth in the western USA directed by the United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. *Pest Management Science*, 59(6-7), 601-604. <https://doi.org/10.1002/ps.712>
- Cassanelli, S., Reyes, M., Rault, M., Manicardi, G. C., & Sauphanor, B. (2006). Acetylcholinesterase mutation in an insecticide-resistant population of the codling moth *Cydia pomonella* (L.). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 36(8), 642-653. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2006.05.007>
- Cichon, L. B., Soleno, J., Anguiano, O. L., Garrido, S. A. S., & Montagna, C. M. (2013). Evaluation of cytochrome p450 activity in field populations of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: tortricidae) resistant to azinphosmethyl, acetamiprid, and thiacloprid. *Journal of Economic Entomology*, 106(2), 939-944. <https://doi.org/10.1603/EC12349>
- Cutright, C. R. (1954). A codling moth population resistant to DDT. *Journal of Economic Entomology*, 47(1), 189-190. <https://doi.org/10.1093/jee/47.1.189>
- Elliott, M. (1989). The pyrethroids: early discovery, recent advances and the future. *Pesticide Science*, 27(4), 337-351. <https://doi.org/10.1002/ps.2780270403>
- Feyereisen, R. (2012). Insect CYP genes and P450 enzymes. *Insect Molecular Biology and Biochemistry. Academic*, 236-316. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384747-8.10008-X>
- Franck, P., Reyes, M., Olivares, J., & Sauphanor, B. (2007). Genetic

- architecture in codling moth populations: comparison between microsatellite and insecticide resistance markers. *Molecular Ecology*, 16, 3554-3564. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03410.x>
- Fuentes-Contreras, E., Reyes, M., Barros, W., & Sauphanor, B. (2014). Evaluation of azinphos-methyl resistance and activity of detoxifying enzymes in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) from Central Chile. *Journal of Economic Entomology*, 100(2), 551-556. <https://doi.org/10.1093/jee/100.2.551>
- Glass, E. H., & Fiori, B. (1955). Codling moth resistance to DDT in New York. *Journal of Economic Entomology*, 48(5), 598-599. <https://doi.org/10.1093/jee/48.5.598>
- Hamilton, D. W. (1956). Resistance of the codling moth to DDT sprays. *Journal of Economic Entomology*, 49(6), 866-867. <https://doi.org/10.1093/jee/49.6.866>
- Higbee, B. S., Calkins, C. O., & Temple, C. A. (2001). Overwintering of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in apple harvest bins and subsequent moth emergence. *Journal of Economic Entomology*, 94, 1511-1517. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.6.1511>
- Hough, W. S. (1928). Relative resistance to arsenical poisoning of two codling moth strains. *Journal of Economic Entomology*, 21, 325-329. <https://doi.org/10.1093/jee/21.2.325>
- İren, Z. (1966). Bazı illerimizde elma içkürdü'na karşı mücadele, DDT'ye mukavemet konusu ve sevin'in meyve seyreltmesini tetkik bakımından yapılan çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 6(2), 49-66.
- İşçi, M., & Ay, R. (2017). Determination of resistance and resistance mechanisms to thiacloprid in *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) populations collected from apple orchards in Isparta Province, Turkey. *Crop Protection*, 91, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.015>
- İşçi, M. (2014). *Isparta İlinde Elma Bahçelerinde Zararlı Olan Elma İçkürdü [Cydia Pomonella (L.) Lep.: Tortricidae]'nın Yaygın Olarak Kullanılan Bazı İnekstisitlere Karşı Duyarlılık Düzeylerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Jehle, J. A., Schulze-Bopp, S., Undorf-Spahn, K., & Fritsch, E. (2017). Evidence for a second type of resistance against *Cydia pomonella* granulovirus in field populations of codling moths. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(2). <https://doi.org/10.1128/AEM.02330-16>
- Ju, D., Mota Sanchez, D., Fuentes-Contreras, E., Zhang, Y. L., Wang, X. Q., & Yang, X. Q. (2021). Insecticide resistance in the *Cydia pomonella* (L): Global status, mechanisms, and research directions. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178, 104925. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104925>
- Li, X. C., Schuler, M. A., & Berenbaum, M. R. (2007). Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Annual Review of Entomology*, 52, 231-253. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151104>
- Liu, J. Y., Yang, X. Q., & Zhang, Y. L. (2014). Characterization of a lambda-cyhalothrin metabolizing glutathione S-transferase CpGSTd1 from *Cydia pomonella* (L.). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(21), 8947-8962. <https://doi.org/10.1007/s00253-14-5786-4>
- Madsen, H. F., & Hoyt, S. C. (1958). Investigations with new insecticides for codling moth control. *Journal of Economic Entomology*, 51(4), 422-424. <https://doi.org/10.1093/jee/51.4.422>
- Mota-Sanchez, D., Wise, J. C., Poppen, R. V., Gut, L. J., & Hollingworth, R. W. (2008). Resistance of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), larvae in Michigan to insecticides with different modes of action and the impact on field residual activity. *Pest Management Science*, 6(9), 881-890. <https://doi.org/10.1002/ps.1576>
- Nardini, M., & Dijkstra, B. W. (1999).  $\alpha/\beta$  hydrolase fold enzymes: the family keeps growing. *Current Opinion in Structural Biology*, 9(6), 732-737. [https://doi.org/10.1016/S0959-440X\(99\)00037-8](https://doi.org/10.1016/S0959-440X(99)00037-8)
- Parra-Morales, L. B., Alzogaray, R., Brio, J., Cichón, L., Garrido, S. A., Hervé, F. D., & Montagna, M. (2019). Acetamiprid induced response of biotransformation and antioxidant parameters in the codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *International Journal of Pest Management*, 1-10. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1698787>
- Pasquier, D., & Charmillot, P. J. (2004). Effectiveness of twelve insecticides applied topically to diapausing larvae of the codling moth, *Cydia pomonella* L. *Pest Management Science*, 60(3), 305-308. <https://doi.org/10.1002/ps.776>
- Reuveny, H., & Cohen, E. (2010). Resistance of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lep., Tortricidae) to pesticides in Israel. *Journal of Applied Entomology*, 128(9-10), 645-651. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00901.x>
- Reyes, M., Franck, P., Charmillot, P. J., Ioriatti, C., Olivares, J., Pasqualini, E., & Sauphanor, B. (2007). Diversity of insecticide resistance mechanisms and spectrum in European populations of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Pest Management Sciences*, 63, 890-902. <https://doi.org/10.1002/ps.1421>
- Reyes, M., Franck, P., Olivares, J., Margaritopoulos, J., Knight, A., & Sauphanor, B. (2009). Worldwide variability of insecticide resistance mechanisms in the codling moth, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 99(4), 359-369. <https://doi.org/10.1017/S0007485308006366>
- Reyes, M., Collange, B., Rault, M., Casanelli, S., & Sauphanor, B. (2011). Combined Detoxification Mechanisms and Target Mutation Fail to Confer a High Level of Resistance to Organophosphates in *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99, 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.09.004>
- Rodríguez, M. A., Bosch, D., Sauphanor, B., & Avilla, J. (2010). Susceptibility to organophosphate insecticides and activity of detoxifying enzymes in Spanish populations of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(2), 482-491. <https://doi.org/10.1603/EC09249>
- Rodríguez, M. A., Marques, T., Bosch, D., & Avilla, J. (2011). "Assessment of insecticide resistance in eggs and neonate larvae of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)". *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(2), 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.03.003>
- Rodríguez, M. A., Bosch, D., & Avilla, J. (2012). Azinphos-methyl and carbaryl resistance in adults of the codling moth (*Cydia pomonella* (L.), Lepidoptera: Tortricidae) from Northeastern Spain. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 103(1), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.03.002>
- Sauphanor, B., & Bouvier, J. C. (1995). Cross-Resistance between benzovlureas and benzoilhydrazines in the Codling Moth, *Cydia pomonella* L. *Pesticide Sciences*, 45, 369-375. <https://doi.org/10.1002/ps.2780450412>
- Sauphanor, B., Cuany, A., Bouvier, J. C., Brosse, V., Amichot, M., & Berge, J. B. (1997). Mechanism of resistance to deltamethrin in *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 58(2), 109-117. <https://doi.org/10.1006/pest.1997.2291>
- Sauphanor, B., Brosse, V., Bouvier, J. C., Speich, P., Micoud, A., & Martinet, C. (2000). Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella*). *Pest Management Sciences*, 56, 74-82. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200001\)56:1<74::AID-PS96>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200001)56:1<74::AID-PS96>3.0.CO;2-C)
- Silva, A. P. B., Santos, J. M. M., & Martins, A. J. (2014). Mutations in the voltage-gated sodium channel gene of anophelines and their association with resistance to pyrethroids—a review. *Parasites and Vectors*, 7(1), 450. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-450>
- Soleno, J., Anguiano, L., D'Angelo, A. P., Cicho, L., Fernandez, D., & Montagna, C. (2008). Toxicological and biochemical response to azinphos-methyl in *Cydia pomonella* l. (Lepidoptera: Tortricidae) among orchards from the Argentinian Patagonia. *Pest Management Science*, 64, 964-970.
- Soleno, J., Parra-Morales, L., Cichón, L., Garrido, S., Guiñazú, N., & Montagna, C. (2020). Occurrence of pyrethroid resistance mutation in *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) throughout Argentina. *Bulletin of Entomological Research*, 110(2), 201-206. <https://doi.org/10.1017/S0007485319000439>
- Stara, J., & Kocourek, F. (2007). Insecticidal resistance and cross-resistance in populations of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in Central Europe. *Journal of Economic Entomology*, 100(5), 1587-1592. <https://doi.org/10.1093/jee/100.5.1587>
- Voudouris, C. C., Sauphanor, B., Franck, P., Reyes, M., Mamuris, Z., Tsitsipis, J. A., Vontas, J., & Margaritopoulos, J. T., (2011). Insecticide resistance status of the codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) from Greece. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(3), 229-238. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.04.006>
- Wan, F. H., Yin, C. L., & Tang, R. (2019). A chromosome-level genome assembly of *Cydia pomonella* provides insights into chemical ecology and insecticide resistance. *Nature Communications*, 10(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12175-9>
- Wei, Z. H., Liu, M., Hu, C., & Yang, X. Q. (2020). Overexpression of



- glutathione S-transferase genes in field  $\lambda$ -cyhalothrin-resistant population of *Cydia pomonella*: reference gene selection and expression analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(21), 5825-5834. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01367>
- Weill, M., Lutfalla, G., Mogensen, K., Chandre, F., Berthomieu, A., Berticat, C., Pasteur, N., Philips, A., Fort, P., & Raymond, M. (2003). Comparative genomics: insecticide resistance in mosquito vectors. *Nature*, 423(6936), 136. <https://doi.org/10.1038/423136b>
- Wheelock, C. E., Shan, G., & Otea, J. (2005). Overview of carboxylesterases and their role in the metabolism of insecticides. *Journal of Pesticide Science*, 30(2), 75-83. <https://doi.org/10.1584/jpestics.30.75>
- Yang, X. Q., & Zhang, Y. L. (2015). Investigation of insecticide-resistance status of *Cydia pomonella* in Chinese populations. *Bulletin of Entomological Research*, 105, 316-325. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000115>