



**Bursa Uludağ Üniversitesi  
ZİRAAT FAKÜLTESİ**

**Bursa Uludag University  
Faculty of Agriculture**

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**

**Journal of Agricultural  
Faculty of Bursa Uludag University**

**Cilt 35  
Volume**

**Sayı 1  
Number**

**2021**

---

**Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**  
**Aşağıdaki veri tabanları tarafından taranmaktadır.**

The Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University is abstracted/indexed  
by the databases below.



**CAB International**



**FAO AGRIS/CARIS**



**TR Dizin**

**ASOS**  
indeks

**Google Scholar**

**ROAD** DIRECTORY  
OF OPEN ACCESS  
SCHOLARLY  
RESOURCES

## Dergimiz Hakkında/ About Our Journal

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi / Journal of Agricultural Faculty of Uludag University yayın hayatına 1982 yılında başlamıştır. Resmi Gazetenin 18.05.2018 tarih ve 30425 sayılı bülteninde yayımlanarak yürürlüğe giren Kanun uyarınca Üniversitemizin adının Bursa Uludağ Üniversitesi olarak değişmesi nedeniyle, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisinin yayımcı ve dergi ismine “Bursa” ibaresi eklenerek dergimizin ismi **Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** olarak değişmiştir.

Journal of Agricultural Faculty of Uludag University started its publication in 1982. The name of our university has been changed as **Bursa Uludag University** due to the legislation published at the official gazette with the issue 30425 on 10.05.2018. Therefore the name of our journal was also changed as **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**.

### Amaç/Aim

Tarım ve yaşam bilimleri ile ilgili alanlardaki araştırma ve derlemelerin Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlanarak bilginin ulusal ve uluslararası düzeyde paylaşımı amaçlanmaktadır.

It is aimed to publish the research and reviews in the fields of agriculture and life sciences in Turkish and English, and to share the knowledge at national and international level.

### Kapsam/Scope

**Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** eski adıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Haziran ve Aralık olmak üzere yılda iki sayı olarak basılan **hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir**. Dergi; bahçe bitkileri, bitki koruma, biyoenerji, biyosistem mühendisliği, doğal kaynaklar, genetik, gıda mühendisliği, gıda bilimi ve teknolojisi, peyzaj, süs bitkileri ve doğa koruma, su ürünleri ve balıkçılık, süt teknolojisi, tarım ekonomisi, tarım makinaları, tarımsal biyoteknoloji, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme, topraksız yetiştiricilik ve zootekni gibi tüm ziraat alanları ile ilgili özgün araştırma makalelerini ve sınırlı sayıda derlemeleri kabul etmektedir.

Sunulan makaleler özgün olmalı ve Türkçe ya da İngilizce yazılmalıdır. Sunulan makaleler başka hiçbir yerde yayımlanmamış olmalıdır. Ancak, bir kongre ya da sempozyumda sadece özeti yayımlanan makaleler dergiye sunulabilir. Dergide yayımlanan tüm yazıların sorumluluğu yazarlarına aittir. Yayımlanan yazılar, yayımcının izni olmadan çoğaltılamaz. Yazılardan alıntı yapılması durumunda mutlaka referans gösterilmelidir. Dergimize yaptığınız atıflarda “**Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.**” kısaltması kullanılmalıdır.

**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**, formerly known as Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, is a **refereed, academic, scientific, international journal** published twice a year, in June and December. Garden plants, plant protection, bioenergy, bio system engineering, genetics, natural resources, food science and technology, animal husbandry, landscaping, ornamental plants and nature conservation, aquaculture, agricultural economics, agricultural machinery, agricultural biotechnology, agricultural structures and irrigation, field crops, soil science and plant nutrition, soilless culture, are the general topics of the journal. Research articles are primarily included in the journal and a limited number of reviews are accepted. Articles submitted must be original and written in Turkish or English. The submitted articles should be unpublished elsewhere. The submitted articles should not be published anywhere else. However, abstract only articles previously published in a congress or symposium may be submitted as full text.

All articles published in the journal are the responsibility of their authors. Manuscripts may not be reproduced without the permission of the publisher. All rights to article published in this Journal are reserved by Agriculture Faculty of Bursa Uludağ University. Permission must be obtained for reproduction in whole or in part in any form. The title of the journal should be cited as “**Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.**”

### Dergi Tarihçesi / Journal History

Derginin Önceki Adı / Formerly Name	ISSN	eISSN	Yıl
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi	1301-3165	2636-8595	1982-2018
Journal of Agricultural Faculty of Uludag University			



**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**  
**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye  
e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>  
<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

**Cilt / Volume: 35**

**Sayı / Number: 1**

**Yıl/Year: 2021**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi Adına

**Sahibi / Owner**

Prof.Dr. İlhan TURGUT  
Dekan/Dean

**Bas Editör/Editor in Chief**

Doç.Dr. Hakan ÇELİK

**Bas Editör Yardımcısı / Deputy Editor in Chief**

Doç.Dr. Asuman CANSEV

**Alt Yayın Komisyonu**

Doç. Dr. Hakan ÇELİK  
Doç. Dr. Tolga TİPİ  
Doç.Dr. Oya KAÇAR  
Doç.Dr. Asuman CANSEV  
Doç. Dr. Ekin SUCU  
Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY  
Doç. Dr. Elvan ENDER ALTAY  
Dr. Öğr.Üyesi Kadir İLHAN  
Dr. Öğr.Üyesi Onur TAŞKIN

**İletişim/Contact**

Tel: 0224 294 14 07

Fax: 0 224 294 14 02

e-posta: [zfdergisi@uludag.edu.tr](mailto:zfdergisi@uludag.edu.tr)

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

**Kapak Sayfa Tasarım / Cover Page Design**

Bursa Uludağ Üniversitesi Basımevi

Bursa - 2021





**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**  
**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

**Cilt / Volume: 35**

**Sayı /Number: 1**

**Yıl/Year: 2021**

**Editörler Kurulu / Editorial Board**

Baş Editor

Doç. Dr. Hakan ÇELİK

hcelik@uludag.edu.tr

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Tolga TİPİ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Oya KAÇAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Asuman CANSEV

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Ekin SUCU

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor, page layout editor

Doç. Dr. Elvan ENDER ALTAY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Dr. Öğretim Üyesi Kadir İLHAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor, page layout editor

Dr. Öğretim Üyesi Onur TAŞKIN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE



**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**  
**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

**Cilt / Volume: 35**

**Sayı /Number: 1**

**Yıl/Year: 2021**

**Editörler Kurulu / Editorial Board**

**Diğer Üniversitelerden / From Other Universities**

Prof. Dr. Ali KOÇ, Eskişehir Osmangazi Üniv. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Turkey

Prof. Dr. Zehra Hajrulai-Musliu, "Ss. Cyril and Methodius" University, Faculty of Veterinary Medicine, Food Institute, Skopje, Macedonia

Prof. Dr. Gordana Popsimonova, University Ss Cyril and Methodius, Faculty of Agricultural Sciences and Food, Skopje, Republic of Macedonia

Doç. Dr. Daniela Smogrovicova, Slovak University of Technology in Bratislava, Institute of Biotechnology at the Faculty of Chemical and Food Technology, Slovakia.

Doç.Dr. Maurizio Canavari, Alma Mater Studiorum Università di Bologna Department of Agricultural and Food Sciences Bologna, Italy

Doç.Dr. Balaji Sethuramasamyraja, California State University, Department of Industrial Technology, Jordan College of Agricultural Sciences and Technology, Fresno, USA

Doç.Dr. Ganapathy, G.P., VIT University, Centre for disaster mitigation and management, Vellore Tamil Nadu, India

Doç.Dr. Hristofor Kirchev, Agricultural University Plovdiv, Faculty of Agronomy, Department of Crop Science, Plovdiv, Bulgaria

Doç.Dr. Ahmed A.K. Salama, Universitat Autònoma de Barcelona, Department of Animal and Food Sciences, Ruminant Research Group, Spain

Yrd.Doç.Dr. Jasmina TAHMAZ, University of Sarajevo, Faculty of Agriculture and Food Science, Bosnia and Herzegovina

Dr. Angela Capece, Università degli Studi della Basilicata, School of Agricultural, Forestry and Environmental Science, Potenza, Italy



**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**  
**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludağ University**

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

**Cilt / Volume: 35**

**Sayı / Number: 1**

**Yıl/Year: 2021**

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim Üyeleri Dergimizin Doğal Danışma Kurulu Üyeleridir.

The Faculty Members of Bursa Uludağ University Agricultural Faculty are also the members of the Natural Advisory Board of our Journal.

**Diğer Üniversitelerden/From Other Universities**

Dr. Barış ALBAYRAK, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su kaynakları Bölümü, Yalova, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ALTUN, Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir, TÜRKİYE

Prof. Dr. Mehmet AYÇIÇEK, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bingöl, TÜRKİYE

Mustafa BIYIKLI, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su kaynakları Bölümü, Yalova, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Sergül ERGİN, Eskişehir Osmangazi Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ, Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın, TÜRKİYE

Prof.Dr. Zeliha GÖKBAYRAK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Çanakkale, TÜRKİYE

Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

Doç.Dr. Ahmed A.K. SALAMA, Universitat Autònoma de Barcelona, Department of Animal and Food Sciences, Ruminant Research Group, SPAIN

Prof.Dr. Gölge SARIKAMIŞ, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

Prof.Dr. Süleyman TABAN, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt TUNÇKAL, Yalova Üniv. Yalova MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Yalova, TÜRKİYE

Prof.Dr. Ece TURHAN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eskişehir, TÜRKİYE

Prof. Dr. Mevlüt TÜRK, Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Isparta, TÜRKİYE

Dr. Erdiñ UYSAL, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su kaynakları Bölümü, Yalova, TÜRKİYE



**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**  
**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

**Cilt / Volume: 35**

**Sayı / Number: 1**

**Yıl/Year: 2021**

**BU SAYIDA HAKEMLİK YAPAN ÖĞRETİM ÜYELERİ**

**(Scientific Advisory Board)**

**(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)**

Akan, Tamer	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Arslan, Seher	Pamukkale Üniversitesi
Arslandođlu, Şahane Funda	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Avcı, Betül	Ege Üniversitesi
Ayan, İlknur	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Balcı, Hasan	Ege Üniversitesi
Birgücü, Ali Kemal	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Coşge Şenkal, Belgin	Yozgat Bozok Üniversitesi
Çulal Kılıç, Handan	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Durgut, Mehmet Recai	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Ekinci, Hüseyin	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Erdoğan, Pervin	Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Ergin, Sergül	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Erkovan, Halil İbrahim	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Gökdoğan, Osman	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Gümüş, Mustafa	Ege Üniversitesi
Kaya, Mehmet Demir	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Kesici, Müge	Boğaziçi Üniversitesi
Küçükyumuk, Zeliha	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Önal Ulusoy, Baran	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Önemli, Fadul	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Özcan, Hasan	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Özdemir Işık, Buket	Trabzon Üniversitesi
Özel, Abdülhabip	Harran Üniversitesi
Pirselimođlu Batman, Zeynep	Bursa Uludağ Üniversitesi
Şanlı, Arif	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Topal, Ali	Selçuk Üniversitesi
Turhan, Ece	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Türkmen, Cafer	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Yabacı Karaođlan, Selin	Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Yılmaz Ersan, Lütfiye	Bursa Uludağ Üniversitesi



## İçindekiler / Contents

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

- Ontogenetik ve Diurnal Varyabilitenin İzmir Kekığı (*Origanum onites* L.)'nin Uçucu Yağ İçeriği ve Kompozisyonuna Etkisi**  
Effect of Ontogenetic and Diurnal Variabilities on Essential Oil Content and Composition of Turkish oregano (*Origanum onites* L.)  
**Mustafa CAN, Nimet KATAR, Duran KATAR.....1**
- Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Farklı Kökenli Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Genotiplerinin Tarımsal Özelliklerinin ve Sabit Yağ Oranlarının Belirlenmesi**  
Determination of Agricultural Characteristics and Fixed Oil Ratios of Different Originated Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Genotypes Grown in Bursa Ecological Conditions  
**Faruk ÖZDEMİREL, Oya KAÇAR.....13**
- Changes in Climate Parameters and Their Effects on Renewable Energy Resources Potential: Bursa Sample**  
İklim Parametrelerindeki Değişiklikler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeline Etkileri: Bursa Örneği  
**Ashı AYHAN ARSLAN, Tuğba BİÇEN, Ali VARDAR .....33**
- Çiğ Süte Uygulanan Farklı Isıl İşlem Koşullarının Süzme Yoğurdun Randıman ve Kurumadde Üzerine Etkisi**  
The Effect of Different Heat Treatment of Raw Milk on Yield and Dry Matter of Concentrated Yogurt  
**Engin YARALI, Şevki ÇETİNER .....45**
- Geliştirilmiş Anason Hatlarında Verim ve Kaliteyi Etkileyen Agronomik Morfolojik ve Fizyolojik Farklılıkların Belirlenmesi**  
Determination of the Agronomic, Morphological and Physiological Differences which Effected Yield and Quality in the Developed Anise Lines  
**Gülsüm BOZTAŞ, Emine BAYRAM .....55**
- Bursa İli'nden Toplanan Yonca (*Medicago sativa* L.) Genotiplerinde Verim ve Verim Komponentleri Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizi ile Belirlenmesi**  
Determination with Correlation and Path Analysis of Relationships Between Yield and Yield Components in Alfalfa (*Medicago Sativa* L.) Genotypes Collected from the Bursa  
**Sebiha EROL, Emine BUDAKLI ÇARPICI .....75**
- The Design Process of Children's Playgrounds Connecting Indoor and Outdoor Spaces: Case of Bornova Children's World, İzmir**  
Açık ve Kapalı Mekanları Birleştiren Çocuk Oyun Alanlarının Tasarım Süreci: Bornova, Çocuk Dünyası Örneği, İzmir  
**Sara DEMİR, Okan TURAN, Emre GÜNAY .....85**

<b>Responses of <i>Spinacia oleracea</i> L. cv. Matador Plants to Various Abiotic Stresses Such as Cadmium Metal Toxicity, Drought and Salinity</b> Tuzluluk, Kuraklık, Kadmiyum Metal Toksikitesi gibi Çeşitli Abiyotik Streslere Matador Çeşidi <i>Spinacia oleracea</i> L. nin Verdiği Yanıtlar Ayşegül AKPINAR, Asuman CANSEV, Deniz Zahide ALTINŞEKER ACUN .....	103
<b>Uludağ Milli Parkında Çok Yıllık Arazi Kullanım/Örtü Değişiminin CBS İçinde Analizi</b> Analysis of Multi-Year Land Use/Cover Change in the Uludağ National Park within a GIS Gökhan ÖZSOY .....	119
<b>Mısır Tarımı Yapılan Toprakların Verimlilik Durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/ Bursa Örneği)</b> Determination of Fertility Status of Corn Cultivated Soil of Yolağzı Region in Karacabey/Bursa Province Doğan ORDU, Barış Bülent AŞIK.....	145
<b>Farklı Ekim Zamanı ve Fosfor Dozlarının Keten (<i>Linum usitatissimum</i> L.)' in Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi</b> The Effects of Different Sowing Dates and Phosphorus Doses on Yield and Quality Characteristics of Flax ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) Rüveyde TUNÇTÜRK, Murat TUNÇTÜRK .....	163
<b>DERLEMELER (Reviews)</b>	
<b>Böceklerle Mücadelede Nanoteknoloji</b> Nanotechnology for Insect Pests Control Nesrin ORMANOĞLU, Mevlüt EMEKÇİ, A. Güray FERİZLİ .....	181
<b>Sekonder Metabolitler</b> Secondary Metabolites Gülsevrim TİRİNG, Serdar SATAR, Okan ÖZKAYA .....	203
<b>Soğuk Plazma Teknolojisi ve Tarımdaki Çeşitli Uygulama Alanları</b> Cold Plasma Technology and Various Applications Areas In Plants Hacer KANDEMİR, Fulya AYDIN KANDEMİR, Begüm GÜLER, Aynur GÜREL .....	217
<b>Yeni Nesil Dizileme Teknolojilerinin Mikovirolojide Uygulanması</b> Application of Next Generation Sequencing Technologies in Mycovirology Sahra HOSSEINALIZADEH, Serap AÇIKGÖZ .....	247



## Ontogenetik ve Diurnal Varyabilitenin İzmir Kekiği (*Origanum onites* L.)'nin Uçucu Yağ İçeriği ve Kompozisyonuna Etkisi<sup>A</sup>

Mustafa CAN<sup>1\*</sup>, Nimet KATAR<sup>2</sup>, Duran KATAR<sup>3</sup>

**Öz:** Bu çalışma, 2019 yılında farklı hasat zamanlarının (ontogenetik ve diurnal varyabilite) İzmir kekiğinin (*Origanum onites* L.) uçucu yağ oranı ve bileşimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Tarla çalışmaları, Uşak ilinde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; uçucu yağ oranı % 2.22-3.58 arasında değişmiştir. Uçucu yağın birinci ana bileşeni olan karvakrol % 77.16-84.59 arasında değişirken, ikinci ana bileşen olan  $\gamma$ -terpinen ise % 3.96-6.73 arasında değişmiştir. Uçucu yağ oranı ve bileşenleri dikkate alındığında, Uşak ekolojik koşullarında İzmir kekiği yetiştiriciliği için hasadın bitkilerin çiçeklenme dönemi sonunda ve öğle saat 12:00'de yapılması önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** İzmir Kekiği (*Origanum onites* L.), Hasat Zamanı, Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenleri, Karvakrol.

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Mustafa CAN, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Uşak, Türkiye, mustafican@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1533-7039](https://orcid.org/0000-0003-1533-7039)

<sup>2</sup> Nimet KATAR, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Eskişehir, Türkiye, nimetkatar@gmail.com, [OrcID 0000-0003-0699-167X](https://orcid.org/0000-0003-0699-167X)

<sup>3</sup> Duran KATAR, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Eskişehir, Türkiye, durankatar6060@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1340-8040](https://orcid.org/0000-0003-1340-8040)

## Effect of Ontogenetic and Diurnal Variabilities on Essential Oil Content and Composition of Turkish oregano (*Origanum onites* L.)

**Abstract:** The experiment was conducted to determine the effects of different harvest times (ontogenetic and diurnal variability) on the essential oil content and composition of Turkish oregano (*Origanum onites* L.) in 2019. The field experiment was carried out in Uşak province using a split-plot randomized complete block design with three replications. According to this study results, values of essential oil content ranged from 2.22 to 3.58%. Carvacrol, the first main component of the essential oil, ranged from 77.16 to 84.59%, while  $\gamma$ -terpinene, the second main component, changed from 3.96 to 6.73%. Considering the essential oil content and components, the harvest at the end of flowering period and at 12:00 pm for the cultivation of Turkish oregano in Uşak ecological conditions can be suggested.

**Keywords:** Turkish Oregano (*Origanum onites* L.), Harvest Time, Content and Composition of Essential Oil, Carvacrol.

### Giriş

Ballıbabagiller (Labiatae/Lamiaceae) familyasına ait olan *Origanum* cinsi dünyada 38 tür, 6 alt tür ve 17 melez ile temsil edilmektedir. Ülkemizde *Origanum* cinsinin 22 türü veya 34 taxa'sı doğal yayılış göstermektedir. Bunların yaklaşık % 62'si (21) endemik bitkilerdir (Kaçar ve ark., 2006; Tonçer ve ark., 2009; Bozdemir, 2019, Anonim, 2020). Bu cinse ait olan türlerden biri de İzmir kekiği olarak bilinen *Origanum onites* L. (Syn. *Origanum smyrnaeum* L., *Majorana onites* (L.) Benth.; Lamiaceae)'dir. Dünya ticaretinde "Turkish oregano" olarak bilinen bu tür Yunanistan ve Türkiye'nin özellikle Akdeniz sahil bölgelerinde doğal yayılış göstermektedir. Çok yıllık, yarı çalimsı bir kekik olan *Origanum onites* türü ülkemizde yöresel olarak "Türk kekiği, Bilyalı kekik ve İzmir kekiği" isimleriyle bilinmektedir. Bitki bu bölgede deniz seviyesinden 900 m rakıma kadar olan alanlarda doğal vejetasyonda görülebilmektedir (Vokou ve ark., 1988; Kaçar ve ark., 2006; Gürtunca, 2011; Özdemir ve Özkan, 2016; Sönmez, 2019).

Bitkinin en önemli sekonder metaboliti yaprak ve çiçeklerinde bulunan uçucu yağdır. Uçucu yağ oranı birçok faktörün etkisi altında olup, genelde % 0.2-8.0 arasında değişim göstermektedir (Kaçar ve ark., 2006; Gürtunca, 2011; Özdemir ve Özkan, 2016; Sönmez, 2019). İzmir kekiği uçucu yağ örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar uçucu yağın kimyasal kompozisyonunda karvakrol, timol,  $\gamma$ -terpinen, p-simen,  $\beta$ -mirsen, 1.8- cineol, borneol ve linalool gibi bileşenlerin ön plana çıktığını ortaya koymuştur (Baydar ve Erdal, 2004; Yıldız ve ark., 2005; Tonçer ve ark., 2009; Avcı and Bayram, 2013; Özdemir ve ark., 2017).



Kekik uçucu yağı antibakteriyel, antispazmotik, antiseptik, antifungal, antikanser, antimitojenik, antidiyabetik, antiviral, antiinflamatuvar ve antiprotozoal özelliklere sahip olup, geleneksel tıpta değerlendirilmektedir. Uçucu yağların sahip olduğu bu özellikler nedeniyle kekik; baharat ve herbal çay şeklinde kullanılmasının yanı sıra kozmetik ve ilaç endüstrisinin de önemli hammaddesini oluşturmaktadır (Baydar ve Erdal, 2004; Kaçar ve ark., 2006; Raut ve Karuppayil, 2014; Özdemir ve ark., 2017).

Endüstrinin farmakoloji, parfümeri, gıda ve kozmetik gibi farklı dallarında kullanımı giderek yaygınlaşan uçucu yağların kalitesini belirleyen en önemli faktör uçucu yağın kimyasal kompozisyonudur (Raut ve Karuppayil, 2014; Bhardwaj ve ark., 2019). Uçucu yağın kalitesi üzerinde etkili olan uçucu yağın kimyasal kompozisyonu aynı zamanda yağın hangi sektörde kullanılacağına belirlenmesinde de önemli bir rol oynamaktadır (Mammadov, 2014). Uçucu yağın kompozisyonu ise büyük oranda bitkinin genotipik yapısının etkisi altında olmakla birlikte çevre koşullarının da az da olsa uçucu yağın kompozisyonu üzerinde etkili olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Ramezani ve ark., 2009; Reily, 2013, Katar ve ark., 2019). Uçucu yağın oranı ve kimyasal kompozisyonu üzerinde etkili olan çevre faktörleri genel anlamda iki grupta ele alınmaktadır (Baydar, 2013; Farhat ve ark., 2016). Bunlar bitkilerin büyüüp geliştiği bölgenin ekolojik koşulları ve yetiştiricilik uygulamalarıdır (Katar ve ark., 2017a). Aromatik bitkilerde farklı yetiştiricilik uygulamaları yukarıda belirtildiği gibi uçucu yağın oranı ve bileşenlerinde değişikliğe neden olduğu için optimum uygulamaları belirlemek için araştırmalar yürütülmeye devam edilmektedir (Katar ve ark., 2017b). Bunların en önemlisi de bitkilerin en yüksek oranda uçucu yağ içerdiği ve en uygun kompozisyona sahip olduğu dönemleri belirlemek amacıyla yürütülen çalışmalardır. Bu amaçla bitkinin kültürünün yapılacağı bölgeler için ontogenetik ve diurnal değişimin belirlenmesi önem taşımaktadır. Ontogenetik değişimin belirlenmesiyle bitkinin o bölge için hangi gelişim döneminde hasat edilmesi gerektiği belirlenirken, diurnal değişimin belirlenmesi ile ise gün içerisinde en uygun hasat zamanı ortaya çıkarılmaktadır. Ülkemizde İzmir kekiğinin ontogenetik ve diurnal değişimini belirlemek amacıyla farklı çalışmalar yürütülmüştür (Yaldız ve ark., 2005; Tonçer ve ark., 2009; Sönmez, 2019). Fakat Uşak ekolojik koşullarında böyle bir çalışma yapılmamıştır.

Bu araştırmanın amacı, Uşak ekolojik koşullarında İzmir kekiği için hangi gelişim döneminde ve günün hangi saatinde hasadın en uygun olduğunu belirlemektir.

## Materyal ve Yöntem

Araştırmada bitki materyali olarak Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen İzmir kekiği (*O. onites* L.) bitkisinin Oğuz-2012 çeşidinin tohumlarından yetiştirilen fideler kullanılmıştır.

Çalışmanın yürütüldüğü Uşak ilinin uzun yıllar ve 2019 yıllarına ait iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Hasadın yapıldığı 2019 yılında toplam yıllık yağış uzun yıllara kıyasla % 18.9 daha az olarak gerçekleşmiştir. Aylar dikkate alındığında ise Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında uzun yıllardan belirgin bir şekilde daha düşük yağış alınmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü 2019 yılının sıcaklık ortalaması 13.6 °C iken, uzun yılların ortalaması 12.7 °C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklıktaki bu fark ise özellikle Şubat, Mart ve Kasım ayı ortalama

sıcaklıklarının daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. 2019 yılında uzun yıllara kıyasla hem yağış miktarı daha düşük ve hem de ortalama sıcaklık daha yüksek gerçekleşmiştir. Uzun yıllara ait hava nispi nemi % 62.6 iken, 2019 yılında bu değer % 59.3 olarak ölçülmüştür. Bu da 2019 yılında hava nispi neminin uzun yıllara kıyasla % 5.3 daha düşük olduğunu göstermektedir (Çizelge 1).

Çalışma alanının toprak özelliklerini belirlemek amacıyla alınan toprak örneklerinde gerekli analizler yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Toprak tınlı-killi bir yapı arz etmekte olup, % 1.16 organik madde içermektedir. Çalışma arazisinin organik madde içeriği yetersizdir. Toprağın pH değeri 7.87 olup, hafif alkali bir özelliğe sahiptir. Kireç oranı % 14.3 olup, kireç içeriği orta düzeydedir. Faydalanılabilir fosfor ( $P_2O_5$ )  $2.34 \text{ kg ha}^{-1}$  ve potasyum ( $K_2O$ )  $500 \text{ kg ha}^{-1}$ ’dir. Toprağın fosfor içeriği çok az iken, potasyum içeriği yeterli düzeydedir (Sönmez, 2003).

**Çizelge 1.** Deneme lokasyonuna ait iklim verileri

Aylar	Toplam Yağış (mm)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Nisbi Nem (%)	
	1986-2016 (Uzun yıllar)	2019	1986-2016 (Uzun yıllar)	2019	1986-2016 (Uzun yıllar)	2019
Ocak	58.4	87.9	2.6	1.6	74.0	80.9
Şubat	58.5	17.3	3.5	5.4	71.0	65.6
Mart	51.1	20.8	6.4	7.8	67.1	58.4
Nisan	57.7	40.1	11.0	10.5	64.0	60.4
Mayıs	43.1	36.9	15.7	16.7	61.1	55.5
Haziran	24.1	37.3	20.3	20.9	55.1	58.6
Temmuz	15.5	8.9	24.0	22.8	48.9	47.0
Ağustos	9.5	0.4	24.1	24.4	48.2	42.8
Eylül	17.2	22.1	19.3	19.4	53.8	52.2
Ekim	44.9	6.4	13.8	16.6	63.2	55.3
Kasım	56.3	47.9	8.1	11.6	68.9	63.1
Aralık	74.3	88.3	4.1	5.5	75.4	71.3
Toplam	510.6	414.3	-	-	-	-
Ortalama	-	-	12.7	13.6	62.6	59.3

Kaynak: Uşak Meteoroloji Müdürlüğü

**Çizelge 2.** Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tekstür	Kireç (%)	Faydalanılabilir fosfor ( $P_2O_5$ ) ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Faydalanılabilir potasyum ( $K_2O$ ) ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	pH	Organik Madde (%)
Killi-tınlı	14.3	2.34	500	7.87	1.16

Toprak analizi Uşak İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Toprak Analiz Laboratuvarında yapılmıştır.

Tarla denemesi 2019 yılında Uşak iline bağlı Merkez Selikler köyündeki çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak 2018 yılında kurulmuştur. Denemede her bir alt parselde 6 sıra bitki bulunmakta olup, alt parsel boyutları  $4 \text{ m} \times 2.40 \text{ m} = 6.9 \text{ m}^2$ ’dir. Çalışmada dört farklı ontogenetik (çiçeklenme öncesi/07.06.2019, çiçeklenme başlangıcı/22.06.2019,

tam çiçek/08.07.2019 ve çiçeklenme sonu/25.07.2019) varyabilite ana parsellere ve üç farklı diurnal varyabilite de (sabah 06:00, öğle 12:00 ve akşam 18:00) alt parsellere yerleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan bitkiler iki yaşındaki plantasyona ait olup plantasyonun kuruluşu 2018 yılında yapılmıştır. Plantasyonun oluşturulması için ihtiyaç duyulan fideleri yetiştirmek için 11.03.2018 tarihinde serada hazırlanmış olan ve içerisine kum, orman toprağı ve torf karışımı (1:1:1) ile doldurulmuş kasalara tohumlar ekilmiştir. Fideler 10-15 cm boya ulaştıktan sonra deneme tarlasında hazırlanmış olan parsellere 06.05.2018 tarihinde sıra arası 40 cm ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde şaşırtılmıştır (Avcı ve Bayram, 2013). Parsellere fide dikiminden önce 10 kg N/da ve 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/da gübre uygulaması yapılmıştır. Aynı dozda azotlu gübre 2019 yılında da ilkbaharda bitkiler uyanırken uygulanmıştır. Parsellerde yabancı otların gelişim durumu dikkate alınarak ihtiyaç duyuldukça el çapasıyla yabancı ot mücadelesi yapılmıştır. Plantasyon damla sulama yöntemiyle sulanmıştır. Araştırmada her parselin ilk ve son sıraları ile sıraların her iki ucundan 0.5 m kenar tesiri, değerlendirme dışı bırakıldıktan sonra 07.06.2019, 22.06.2019, 08.07.2019 ve 25.07.2019 tarihlerinde günün üç farklı saatinde (06:00, 12:00 ve 18:00) makasla toprak yüzeyinden 4–5 cm yükseklikten biçilerek hasat edilmiştir. Farklı dönemlerde biçimi yapılan parsellerden elde edilen taze herbaların yaprakları ayrılarak 35-38°C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar (48 saat) kurutulmuştur. Kurutulmuş yapraklardan alınan örneklerin uçucu yağ oranları Clevenger cihazı ile belirlenmiştir. Uçucu yağların distilasyonu için ayıklanmış ve kurutulmuş 100 g yaprak örnekleri 2000 ml'lik balonlara yerleştirildikten sonra 1000 ml saf su eklenerek 3 saat boyunca distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Distilasyon işlemi tamamlandıktan sonra clevenger aparatının dereceli kısmından yağ miktarı okunmuş ve yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Clevenger cihazından alınan uçucu yağlar bileşenlere bakılacağı zamana kadar 3-4°C sıcaklıktaki buzdolabında saklanmıştır.

Uçucu yağların bileşenleri çalışma koşulları aşağıda verilen GC/MS cihazıyla Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/Tıbbi Araştırmalar Merkezi Laboratuvar'ında belirlenmiştir. Örnekler analiz edilmek üzere 1:100 oranında hekzan ile seyreltilmiştir. Örneklerin uçucu yağ bileşen analizi GC/GC-MS (Gaz kromatografisi (Agilent 7890A)-kütle detektör (Agilent 5975C)) cihazı ile kapiler kolon (HP InnovaxCapillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde taşıyıcı gaz olarak 0,8 ml/dk akış hızında helyum kullanılmış, örnekler cihaza 1 µl olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 250°C'de tutulmuş, kolon sıcaklık programı 60°C (10 dakika), 60°C'den 250°C'ye 20°C/dakika ve 250°C (10,5 dakika) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu sıcaklık programı doğrultusunda toplam analiz süresi 30 dakika olmuştur. Kütle detektörü için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır. Uçucu yağın bileşenlerinin teşhisinde ise WILEY ve OIL ADAMS kütüphanelerinin verileri esas alınmıştır. Sonuçların bileşen yüzdeleri FID dedektör kullanılarak, bileşenlerin teşhisi ise MS dedektör kullanılarak yapılmıştır.

Uçucu yağ oranlarına ait verilerin önemlilik düzeyleri SPSS paket programı kullanılarak, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutularak belirlenmiştir. Önemli çıkan uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre gruplandırılmıştır (Açıkgöz ve ark., 1993).

## Bulgular ve Tartışma

Aromatik bitkilerin en önemli biyoaktif maddelerinden biri olan uçucu yağların oranı üzerinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Bu faktörler genel anlamda iç ve dış faktörler olarak iki grupta incelenmektedir (Ramezani ve ark., 2009; Sabuncu ve ark., 2019). İç faktörler üretimde kullanılan bitkinin sahip olduğu ve atalarından miras aldığı genetik yapıdır (Bhardwaj ve ark., 2019). Dış faktörler ise ekolojik koşullar ve yetiştiricilik uygulamaları olarak iki grupta değerlendirilmektedir (Adinee ve ark., 2009). Uçucu yağ oranı üzerinde etkili olan en önemli yetiştiricilik uygulamalarından birisi bitkinin en yüksek uçucu yağ oranını içerdiği gelişim döneminin ve gün içerisinde en uygun saatin belirlenmesidir. Bu yüzden ontogenetik ve diurnal varyasyonun belirlenmesi ve en uygun zamanda bitkilerin hasadının yapılması uçucu yağın verimi ve ürünün kalitesi açısından büyük öneme sahiptir.

Uşak ekolojik koşullarında İzmir kekiğinde yürütülen çalışmada ontogenetik varyasyonun uçucu yağ oranı üzerinde önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu ve en yüksek uçucu yağ oranının (% 3.46) çiçeklenme sonunda yapılan hasattan elde edildiği tespit edilmiştir. Diğer üç farklı gelişim (çiçeklenme öncesi/% 2.42, çiçeklenme başlangıcı/% 2.38 ve tam çiçek/% 2.63) döneminde yapılan hasattan elde edilen uçucu yağ oranları istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, aralarında önemli bir farkın bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Elde edilen bu sonuçlar değişen hasat zamanlarına bağlı olarak farklılaşan iklim koşullarıyla ve bitkinin hasat anında içerisinde bulunduğu gelişmişlik düzeyi ile açıklanabilir. Bitkilerin farklı gelişim dönemlerinde farklı biyokimyasal maddeleri farklı düzeylerde sentezlemesi bu değişimin oluşumunda önemli bir faktördür.

**Çizelge 3.** Farklı hasat zamanlarında *Origanum onites* L. türüne ait uçucu yağ oranları (%)

Diurnal Varyabilite	Ontogenetik Varyabilite				Ortalama
	Çiçeklenme Öncesi	Çiçeklenme Başlangıcı	Tam Çiçek	Çiçeklenme Sonu	
06:00	2.41	2.22	2.60	3.58	2.70
12:00	2.45	2.56	2.52	3.43	2.74
18:00	2.41	2.37	2.75	3.38	2.73
Ortalama	2.42 b	2.38 b	2.63 b	3.46 a	2.72
F değeri	Ontogenetik: 137.713***; Diurnal: 0.062öd; Ontogenetik x Diurnal: 0.756öd				
CV (%)	18.07				

\*: $P < 0.05$  düzeyinde önemli, \*\*: $P < 0.01$  düzeyinde önemli, öd:önemli değil

Gün içerisinde farklı saatlerde (diurnal varyabilite) yapılan hasatlardan elde edilen örneklerin uçucu yağ oranları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilememiştir. Bu durum bize İzmir kekiğinde diurnal varyabilitenin uçucu yağ oranı üzerinde önemli bir değişiklik oluşturmadığını göstermektedir. Günün farklı zamanlarında (06:00, 12:00 ve 18:00) yapılan hasatlardan elde edilen ortalama uçucu yağ değerleri sırasıyla % 2.70, % 2.74 ve % 2.73 olarak belirlenmiştir.

Bulgularımız bitkinin farklı gelişim dönemlerinde yapılan hasatın uçucu yağ oranı üzerinde önemli düzeyde etkili olduğunu bildiren Tonçer ve ark. (2009) ve Sönmez (2019) verileriyle paralellik göstermiştir. Diğer taraftan diurnal varyabilitenin uçucu yağ oranı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirten bulgumuz ise Tonçer ve ark. (2009) ve Sönmez (2019) verileriyle ters bir sonuç ortaya koymuştur. Bu durum çalışmalarda kullanılan bitkilerin genotiplerinin ve çalışmaların yürütüldüğü bölgelerin iklim farklılıklarıyla açıklanabilir.

Farklı gelişim dönemlerinde ve günün farklı saatlerinde yapılan hasattan elde edilen uçucu yağ örnekleri GC/MS’de analiz edilmiş ve tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin isimleri ve oranları Çizelge 4’te verilmiştir. Uçucu yağ örneklerinde 21 farklı bileşen tespit edilmiştir. Tespit edilmiş olan bileşenlerden 5 (karvakrol,  $\gamma$ -terpinen, p-simen,  $\beta$ -myrsen,  $\alpha$ -terpinen)’i uçucu yağın içerisinde % 1’in üzerindeki bir miktarla temsil edilmektedir. Bu bileşenlerden karvakrol,  $\gamma$ -terpinen ve p-simen ana bileşen olarak ön plana çıkmıştır. Çalışmanın ortalama değerleri dikkate alındığında bu ana bileşenlerin (karvakrol % 81.42,  $\gamma$ -terpinen % 5.22 ve p-simen % 4.17) uçucu yağ içerisindeki payı % 90.81’dir.

**Çizelge 4.** Farklı hasat zamanlarında *Origanum onites* L. türüne ait uçucu yağ bileşenleri (%)

R.Time	Bileşenler	Çiçeklenme Öncesi			Çiçeklenme Başlangıcı			Tam Çiçeklenme			Çiçeklenme Sonu			Ort.
		06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	
9.98	$\alpha$ -Pinene	0.52	0.45	0.56	0.44	0.50	0.52	0.52	0.50	0.42	0.64	0.68	0.64	0.53
10.04	$\alpha$ -Thujene	0.82	0.86	0.95	0.73	0.82	0.82	0.89	0.93	0.85	1.30	1.17	1.22	0.95
11.05	Camphene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.44	0.35	0.09
13.57	$\beta$ -Myrcene	1.52	1.67	1.67	1.20	1.23	1.31	1.41	1.36	1.37	1.81	1.65	1.71	1.49
14.17	$\alpha$ -Terpinene	1.30	1.41	1.27	0.95	1.05	1.07	1.26	1.13	1.06	1.15	1.16	1.11	1.16
<b>16.08</b>	<b><math>\gamma</math>-Terpinene</b>	<b>6.03</b>	<b>6.73</b>	<b>5.39</b>	<b>3.96</b>	<b>4.82</b>	<b>4.58</b>	<b>5.90</b>	<b>5.27</b>	<b>4.48</b>	<b>5.31</b>	<b>5.22</b>	<b>4.94</b>	<b>5.22</b>
<b>16.84</b>	<b>p-Cymene</b>	<b>3.35</b>	<b>3.40</b>	<b>3.12</b>	<b>4.69</b>	<b>4.73</b>	<b>5.10</b>	<b>5.07</b>	<b>4.62</b>	<b>4.31</b>	<b>3.92</b>	<b>4.01</b>	<b>3.68</b>	<b>4.17</b>
21.55	1-Octen-3-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
22.18	trans-Sabinene-hydrate	0.55	0.47	0.46	0.45	0.44	0.49	0.40	0.46	0.42	0.57	0.62	0.50	0.49
24.08	Linalool	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.39	4.14	0.59
24.44	Linalyl acetate	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
25.78	Terpinene-4-ol	0.83	0.80	0.71	0.64	0.61	0.58	0.77	0.62	0.63	0.72	0.82	0.76	0.71
25.85	$\beta$ -Caryophyllene	1.23	0.85	0.74	0.48	0.43	0.53	0.82	0.63	0.56	0.70	0.69	0.67	0.69
28.06	Borneol	0.65	0.50	0.53	0.62	0.83	0.54	0.79	0.80	0.56	1.49	1.65	1.37	0.86
28.60	$\beta$ - Bisabolene	1.10	0.80	0.74	0.34	0.00	0.26	0.61	0.46	0.43	0.87	1.42	0.88	0.66
29.16	Carvone	0.00	0.50	0.00	0.00	0.56	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
31.81	Carvacryl acetate	0.00	0.26	0.34	0.25	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
34.60	Caryophyllene oxide	0.29	0.26	0.00	0.28	0.00	0.25	0.33	0.28	0.25	0.00	0.00	0.00	0.16
37.62	Thymol	0.34	0.36	0.32	0.38	0.44	0.36	0.39	0.35	0.33	0.33	0.39	0.37	0.36
37.80	tau-Cadinol	0.00	0.29	0.36	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.28	0.53	0.30	0.17
<b>38.28</b>	<b>Carvacrol</b>	<b>81.47</b>	<b>80.39</b>	<b>82.03</b>	<b>84.59</b>	<b>83.16</b>	<b>82.80</b>	<b>80.58</b>	<b>82.59</b>	<b>84.35</b>	<b>80.55</b>	<b>77.16</b>	<b>77.36</b>	<b>81.42</b>

Ana bileşenlerin uçucu yağ içerisindeki oranları farklı hasat zamanlarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Karvakrol değerleri farklı gelişim dönemlerinde yapılan hasat zamanlarına bağlı olarak % 78.36-83.52 (V.K. % 2.38) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). En yüksek karvakrol oranı çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan elde edilen uçucu yağ örneklerinde tespit edilirken, en düşük değer ise çiçeklenme sonu yapılan hasattan elde edilmiştir. Farklı gelişim dönemlerinde yapılan hasatlara bağlı olarak  $\gamma$ -terpinen oranı ise % 4.45-6.05 (V.K. % 10.86) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). En yüksek  $\gamma$ -terpinen oranı çiçeklenme öncesinde yapılan hasattan elde edilirken, en düşük değer ise çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan elde edilmiştir. Aynı şekilde farklı gelişim dönemlerine bağlı olarak p-simen oranı da % 3.29-4.84 (V.K. % 15.00) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). En yüksek p-simen oranı çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan elde edilirken, en düşük değer ise çiçeklenme öncesinde yapılan hasattan elde edilmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi değişen gelişim dönemleri p-simen (V.K. % 15.00) üzerinde en yüksek varyasyonu oluştururken, karvakrol (V.K. % 2.38) oranı üzerinde ise en düşük varyasyon oluşturmuştur (Çizelge 5).

Günün farklı saatlerinde yapılan hasatlar uçucu yağın ana bileşenleri üzerinde değişime neden olmuştur. Gün içerisindeki farklı hasat saatlerine bağlı olarak karvakrol oranı % 80.83-81.80 (V.K. % 0.68) arasında değişmiştir (Çizelge 5). En yüksek karvakrol değeri sabah saat 06:00'da yapılan hasatta tespit edilmişken, en düşük değer ise öğle saat 12:00'da yapılan hasatta tespit edilmiştir. Farklı saatlerde yapılan hasatlardan elde edilen  $\gamma$ -terpinen oranı ise % 4.85-5.51 (V.K. % 5.27) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). En yüksek  $\gamma$ -terpinen oranı öğle saat 12:00'da yapılan hasatta belirlenmişken, en düşük değer ise akşam saat 18:00'da yapılan hasatta belirlenmiştir. Günün farklı saatlerinde yapılan hasatlarda tespit edilen p-simen oranı ise % 4.05-4.26 (V.K. % 2.10) arasında değişmiştir (Çizelge 5). En yüksek p-simen oranı sabah saat 06:00'da yapılan hasattan elde edilirken, en düşük değer ise akşam saat 18:00'da yapılan hasatta tespit edilmiştir. Günün farklı saatlerinde yapılan hasatlar ana bileşenlerden  $\gamma$ -terpinen (V.K. % 5.27) üzerinde en yüksek varyasyona neden olurken, en düşük varyasyonu ise karvakrolde (V.K. % 0.68) oluşturmuştur (Çizelge 5).

Buradan anlaşıldığı gibi ontogenetik ve diurnal varyabilite diğer ana bileşenlere kıyasla karvakrol oranında çok az bir değişime neden olmuştur. Ontogenetik varyabilite p-simen üzerinde diğer ana bileşenlere kıyasla daha yüksek bir varyasyon oluştururken, diurnal varyabilite ise  $\gamma$ -terpinen üzerinde daha yüksek varyasyon oluşturmuştur.

Uçucu yağ bileşenlerinde tespit edilen değişimler gerek farklı gelişim dönemlerine bağlı olarak ve gerekse gün içerisinde değişen saatlere bağlı olarak iklim koşullarında (özellikle ışıklenme, sıcaklık ve hava nispi nemi) meydana gelen farklılıklarla açıklanabilir (Mammadov, 2014; Kevseroğlu, 2014; Katar ve ark., 2017a; Katar ve ark., 2017b; Katar ve ark., 2019). Yapılan birçok çalışmada aromatik bitkilerde uçucu yağların kompozisyonu üzerinde asıl belirleyici faktörün genotip olduğu, çevrenin ise etkisinin sınırlı olduğu belirtilmiştir (Bengtsson, 2011; Mammadov, 2014; Nazaruk ve Orlikowski, 2015; Katar ve ark., 2017b). Bu da bulgularımızı destekler niteliktedir. Bulgularımız karvakrol oranının yüksekliği, timol oranının düşüklüğü ve ontogenetik ve diurnal varyabilitenin uçucu yağın kimyasal kompozisyonu üzerindeki sınırlı etkisi ile Tonçer ve ark. (2009)'nın bildirdikleri sonuçlardan farklılık göstermiştir. Bu durum da çalışmada kullanılan materyallerin genotiplerinin ve

çalışmaların yürütüldüğü bölgelerin iklim koşullarının farklılığıyla açıklanabilir. Uçucu yağ kompozisyonuna ait bulgularımız ise Kaçar ve ark. (2006) ile Avcı ve Bayram (2013)'in bildirdikleri verilerle uyumlu bulunmuştur.

**Çizelge 5.** Farklı hasat zamanlarının *Origanum onites* L. uçucu yağında bulunan carvacrol,  $\gamma$ -terpinene ve p-cymene bileşenlerine etkisi

Morfogenetik/ Diurnal Varyabilite	Hasat Zamanları	Uçucu Yağ Ana Bileşenleri		
		Carvacrol	$\gamma$ -Terpinene	p-Cymene
Morfogenetik Varyabilite	Çiçeklenme Öncesi	81.30	6.05	3.29
	Çiçeklenme Başlangıcı	83.52	4.45	4.84
	Tam Çiçeklenme	82.51	5.22	4.67
	Çiçeklenme Sonu	78.36	5.16	3.87
	Ortalama	81.42	5.22	4.17
	Standart Sapma	1.93	0.57	0.63
	Varyasyon Katsayısı	2.38	10.86	15.00
Diurnal Varyabilite	06:00	81.80	5.30	4.26
	12:00	80.83	5.51	4.19
	18:00	81.64	4.85	4.05
	Ortalama	81.42	5.22	4.17
	Standart Sapma	0.52	0.28	0.09
	Varyasyon Katsayısı	0.68	5.27	2.10

## Sonuç

Uşak ekolojik koşullarında yürütülen bu çalışmanın sonuçları topluca değerlendirildiğinde, bu bölgede uçucu yağ oranı yüksek kuru yaprak veya yüksek uçucu yağ verimi elde etmek için en uygun hasat zamanının çiçeklenme sonu olduğu görülmüştür. Gün içerisinde farklı saatlerde yapılan hasatlar uçucu yağ oranı üzerinde önemli düzeyde etkili olmamış olsa da ortalama değerler incelendiğinde öğle vakti hasat için uygun kabul edilebilir. Uçucu yağın ana bileşenleri üzerinde farklı hasat zamanları az da olsa değişime neden olmuştur. Farklı gelişim dönemleri ana bileşenlerden p-simen üzerinde en yüksek varyasyona neden olurken, diurnal varyabilite ise  $\gamma$ -terpinen üzerinde en yüksek varyasyona neden olmuştur. Karvakrolun ise hem ontogenetik hem de diurnal varyabiliteden en az etkilenen bileşen olduğu belirlenmiştir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.



## Kaynakça

- Açıkgöz, N., 1993. Tarımda araştırma ve deneme metotları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 478. ISBN-975-483-228-5. İzmir.
- Adinee, J., Piri, K. and Karami, O. 2009. Essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) leaves grown in Hamadan province, Iran. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology 3 (Special Issue 1), 58-60. Global Science Books.
- Anonim, 2020. Origanum, (<https://bizimbitkiler.org.tr/yeni/demos/technical/>), (Erişim tarihi: 19.09.2020).
- Avcı, A.B. ve Bayram, E. 2013. Geliştirilmiş İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) klonlarının farklı ekolojik koşullarda bazı agronomik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1): 13-20.
- Baydar, H. ve Erdal, İ. 2004. Bitki büyüme düzenleyicilerinin İzmir kekiğinin (*Origanum onites* L.) yaprak kalitesine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1): 9-13.
- Baydar, H., 2013. Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi (Genişletilmiş 4. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51, ISBN: 975-7929-79-4, SDÜ Basımevi, Isparta.
- Bengtsson, G., 2011. Effects of pre- and postharvest factors and food processing on glucosinolates in brassica vegetables, *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 61(1): 72, ISSN (1230-0322).
- Bhardwaj, S., Rashmi and Parcha, V. 2019. Effect of seasonal variation on chemical composition and physicochemical properties of hedychium spicatum rhizomes essential oil, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(6): 1593-1600.
- Bozdemir, Ç., 2019. Türkiye’de yetişen kekik türleri, ekonomik önemi ve kullanım alanları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3): 583-594.
- Farhat, M.B., Jordán, M.J., Chaouch-Hamada, R., Landoulsi, A. and Sotomayor, J.A., 2016. Phenophase effects on sage (*Salvia officinalis* L.) yield and composition of essential oil. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(3):87-93.
- Gürtunca, R., 2011. Trakya koşullarında bazı kekik (*Origanum* spp.) genotip ve çeşitlerinin verim ve kalite unsurlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Kaçar, O., Göksu, E. ve Azkan, N. 2006. İzmir kekiğinde (*Origanum onites* L.) farklı sıklıkların bazı agronomik ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2): 51-60.
- Katar, D., Kacar, O., Kara, N., Aytaç, Z., Göksu, E., Kara, S., Katar, N., Erbaş, S., Telci, İ. and Elmastaş, M. 2017a. Ecological variation of yield and aroma components of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 7:131-135.
- Katar, D., Olgun, M., Aydın, D. ve Katar, N. 2017b. Determination of important plant characteristics in summer savory (*Satureja hortensis* L.) by some statistical methods. *Biological Diversity and Conservation*, 10(2): 113-121.



- Katar, N., Katar, D., Temel, R., Karakurt, S., Bolatkıran, İ., Yıldız, E., and Soltanbeigi, A. 2019. The effect of different harvest dates on the yield and quality properties of rosemary *Rosmarinus officinalis* L. plant. *Biological Diversity and Conservation*, 12(3):7-13.
- Kevseroğlu, K. 2014. Bitki ekolojisi. Ders Kitabı No:31 (4. Baskı), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Samsun.
- Mammadov, R. 2014. Tohumlu bitkilerde sekonder metabolitler. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No:841, ISBN: 978-605-133-743-2. S:412.
- Nazaruk, J. and Orlikowski, P. 2015. Phytochemical profile and therapeutic potential of *Viscum album* L. *Natural Product Research*, 30(4):1-13.
- Özdemir, N., Özgen, Y., Kırılan, M., Bayrak, A., Arslan, N. and Hassanien, M.F.R. 2017. Effect of different drying methods on the essential oil yield, composition and antioxidant activity of *Origanum vulgare* L. and *Origanum onites* L. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12:820-825.
- Özdemir, S. ve Özkan, K. 2016. Ovacık dağı yöresi'nde (Antalya) Türk kekiği (*Origanum onites* L.) ve büyük çiçekli adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) türlerinin ekolojik özellikleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 66(1): 264-277.
- Ramezani, S., Ramezani, F., Rasouli, F., Ghasemi, M. and Fotokian, M.H. 2009. Diurnal variation of the essential oil of four medicinal plants species in central region of İran. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(1):103-106.
- Raut, J.S. and Karuppaiyil, S.M. 2014. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind Crop Prod*, 62: 250-264.
- Reily, K. 2013. On farm and fresh produce management (Part II, p:198-234). in B.K. Tiwari, Brunton, N.P. and Brennan, C.S. (ed.) Handbook of Plant Food Phytochemicals Sources, Stability and Extraction, ISBN 978-1-4443-3810-2 (hardback: alk. Paper), this edition first published 2013 © 2013 by John Wiley & Sons, Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK
- Sabuncu, M., Konak, M. and Şahan, Y. 2019. *Rumex acetosella* L.'nin biyoalınabilir antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(2):197-207.
- Sönmez, B., 2003. Türkiye çoraklık kontrol rehberi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Yayın No: 33, Ankara
- Sönmez, Ç., 2019. Effect of different harvest times on some yield and essential oil characteristics in *Origanum onites* L. *Turk J Field Crops*, 24(1):106-110.
- Tonçer, Ö., Karaman, S., Kızıl, S. and Dıraz, E. 2009. Changes in essential oil composition of oregano (*Origanum onites* L.) due to diurnal variations at different development stages. *Not. Bot. Hort. Agrobot*, 37 (2):177-181.
- Vokou, D., Kokkini S. and Bessière, J.M. 1988. *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece: Distribution, volatile oil yield, and composition. *Ekonomik Botany*, 42(3):407-412.

Yaldız, G., Şekeroglu, N., OZgüven, M. and Kirpik, M. 2005. Seasonal and diurnal variability of essential oil and its components in *Origanum onites* L. grown in the ecological conditions of Cukurova. *Grasasy Aceites*, 56(4):254-258.



## Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Farklı Kökenli Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Genotiplerinin Tarımsal Özelliklerinin ve Sabit Yağ Oranlarının Belirlenmesi<sup>A</sup>

Faruk ÖZDEMİREL<sup>1</sup>, Oya KAÇAR<sup>\*2</sup>

**Öz:** Bu araştırma 2016 ve 2017 yıllarında Bursa ekolojik koşullarında farklı kaynaklı çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerinin tarımsal özellikleri ve sabit yağ oranlarının belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Araştırma Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme alanlarında Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede bitki materyali olarak 1'i tescilli çeşit (Çameli), 12'si farklı kaynaklardan (Mısır, Hindistan, Yunanistan, Denizli, Keles-Basak, Keles-Avdan, Keles-Yazıbaşı, Harmancık, Dereyalak, Ankara, Gaziantep, Mardin) temin edilmiş toplam 13 çörek otu genotipi kullanılmıştır. Birleştirilmiş veriler değerlendirildiğinde incelenen özelliklerden bitki boyu 25.58-50.50 cm, bitkide dal sayısı 3.53-4.31 adet, bitkide kapsül sayısı 5.36-8.05 adet, kapsülde tohum sayısı 60.66-89.25 adet, kapsülde tohum ağırlığı 0.178-0.251 g, bitkide tohum sayısı 250.76-439.48 adet, tohum verimi 38.75-89.08 kg da<sup>-1</sup>, 1000 tane ağırlığı 2.23-3.42 g, sabit yağ oranı % 29.14-32.98 ve sabit yağ verimi 12.13-27.27 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda özellikle tohum verimi ve sabit yağ oranı göz önüne alındığında Harmancık, Denizli, Keles-Basak, Keles-Yazıbaşı, Ankara ve Çameli genotiplerinin Bursa ve benzer

<sup>A</sup> Makale, Faruk ÖZDEMİREL'in yüksek lisans tezinin bir bölümüdür. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

<sup>1</sup> Faruk ÖZDEMİREL, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye, farukozydemirel16@hotmail.com, [OrcID 0000-0003-4699-9473](https://orcid.org/0000-0003-4699-9473)

<sup>\*</sup> **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>2</sup> Oya KAÇAR, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa Türkiye, okacar@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-1337-2423](https://orcid.org/0000-0002-1337-2423)

ekolojilerde yetiştirilebileceği sonucuna varılmış ve bu genotipler gelecekteki çalışmalar için ümitvar olarak kabul edilmişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Çörek otu, *Nigella sativa* L., tohum verimi, sabit yağ oranı, sabit yağ verimi.

## Determination of Agricultural Characteristics and Fixed Oil Ratios of Different Originated Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Genotypes Grown in Bursa Ecological Conditions

**Abstract:** This research was conducted to determine the agricultural properties and fixed oil ratios of black cumin (*Nigella sativa* L.) genotypes in 2016 and 2017 year in Bursa ecological conditions. The field trials were established in Agricultural Application and Research Center, Agricultural Faculty, Bursa Uludağ University with three replications according to randomized complete block design. A total of 13 genotypes, 1 registered variety (Çameli) and 12 of them from different sources (Mısır, Hindistan, Yunanistan, Denizli, Keles-Basak, Keles-Avdan, Keles-Yazıbaşı, Harmancık, Dereyalak, Ankara, Gaziantep, Mardin) were used as plant material in the experiment. When combined data were evaluated, plant height, number of branches, number of capsules, number of seeds in capsules, seed weight in capsule, number of seeds in plant, seed yield, 1000 seed weight, fixed oil ratio and fixed oil yield were determined between 25.58-50.50 cm, 3.53-4.31 unit/plant, 5.36-8.05 unit/plant, 60.66-89.25 unit, 0.178-0.251 g, 250.76-439.48 unit/plant, 38.75-89.08 kg da<sup>-1</sup>, 2.23-3.42 g, 29.14-32.98 % and 12.13-27.27 kg da<sup>-1</sup> respectively. As a result of this research, especially when seed yield and fixed oil ratio are taken into consideration it was concluded that Harmancık, Denizli, Keles-Basak, Keles-Yazıbaşı, Ankara and Çameli genotypes could be grown in Bursa and similar ecologies and these genotypes could be accepted as promising for future studies.

**Keywords:** Black cumin, *Nigella sativa* L., seed yield, fixed oil ratio, fixed oil yield.

### Giriş

Artan nüfus, mevcut doğal kaynakların etkin kullanılmaması, değişen yaşam şekilleri ve standartlarının yarattığı olumsuz etkiler, yaşadığımız çevrede çözülmesi beklenen önemli sorunlar haline gelmiştir (Gürlük ve Turan, 2008). Bu kapsamda dünyada tıbbi ve aromatik bitkilerin endüstriyel kullanımı hız kazanmıştır. Bu grupta yer alan bitkiler insan sağlığını doğrudan ilgilendirdiği için özellikle gelişmiş ülkelerde bitkisel ilaçlara, organik ve doğal besinlere olan eğilim tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini arttırmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün belirttiğine göre, dünya nüfusunun yarıdan fazlası tedavi veya korunmak amacıyla bitkisel

ürünlerden faydalanmaktadır. Bilinen 70 bin kadar tıbbi bitkiden 21 bini ilaç sanayinde kullanılmaktadır (Chan 2003, Bayram ve ark. 2010, Başaran 2012). Son yıllarda bitkisel ürün pazarı dünya genelinde yaş ortalamasının ve sağlık konusunda farkındalığı yüksek tüketicinin artması ile hız kazanarak 2017 yılında 107 milyar dolara ulaşmıştır. Bu grupta yer alan bitkilerin kullanım alanlarının çeşitliliği önemini atırmaktadır.

Güney Avrupa veya Ön Asya kökenli çörek otu (*Nigella sativa* L.), Ranunculaceae (Düğünççeğigiller) familyasına üye tek yıllık otsu bir bitkidir (Köktil ve ark. 2006). Çörek otunun değerlendirilen kısımları tohumlarıdır. Tohumlar içeriğinde sabit yağ, uçucu yağ, acı madde ve saponinler taşımaktadır (Baytop 1999). Çörek otu tohumları gıda endüstrisinde baharat olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geleneksel halk tıbbında midevi, karminatif (gaz söktürücü), diüretik (idrar söktürücü) ve süt arttırıcı, özellikleri nedeni ile kullanılmaktadır (Ceylan 1996; Baytop 1999). Ayrıca hoş kokusu nedeniyle birçok ilaca katılmaktadır (Ceylan 1996). Tohumunda genel olarak % 20 protein, % 30 sabit yağ, % 35 karbonhidrat ve % 0.3-0.5 oranında esansiyel yağ bulunmaktadır. Sabit yağın % 85'i, linoleik asit (% 60.8), oleik asit (% 21.9), eikosadienoik asit (% 1.7), iz miktarda arasidonik asit ve linolenik asit olmak üzere doymamış yağ asitlerinden, (Nergiz ve Ottles 1993; Randhawa ve Al-Gahmdi, 2002; Şahin ve ark. 2003); palmitik asit (% 11.4), stearik asit (% 2.9) ve miristik asit (% 1.2) olmak üzere doymamış yağ asitlerinden meydana gelmiştir (Nergiz ve Ottles 1993). Uçucu yağında timokinon, p-simen, nigellonetil linoleat,  $\alpha$ -thujen ve trans-anethol gibi biyoaktif maddeler yer almaktadır. Çörek otu uçucu yağının yaklaşık % 25-60'ını meydana getiren timokinon farmakolojik etkisi oldukça güçlü olan bir biyoaktif maddedir. Bu madde çörek otu uçucu yağının anti-histamin ve antioksidan etkisini arttırmakla birlikte ağrı kesici ve iltihap önleyici etkilere de sahip bulunmakta (Baydar 2016) ve aynı zamanda bağışıklık sistemine yarar sağlayan bir takım ilaçlarda ham madde olarak kullanılmaktadır.

En önemli çörek otu üreticisi ülke Hindistan olup, Güney Avrupa Mısır, Suriye, Suudi Arabistan, İran, Pakistan, Sri Lanka, Bangladeş, gibi ülkelerde de yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır (İlisulu 1992; Baydar 2016). Ülkemiz florasında çörek otunun 12 türü yayılış göstermektedir (Anonim 2019 a). Bu türler arasında *Nigella sativa* ve *Nigella damascena*'nın yaygın olarak üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde çörek otu ekim alanı yıldan yıla artış göstermektedir. Orta Anadolu, Marmara ve Karadeniz ilk sırada yer alan bölgelerimizdir. Marmara Bölgesi'nde bulunan ekim alanının tamamını Bursa oluşturmakta olup en fazla çörek otu tarımı Keles (1500 da), Harmancık (175 da) ve İnegöl (40 da) ilçelerinde yapılmaktadır. 2018 yılında Bursa il ve ilçelerinde toplam 1715 da alanda yaklaşık 131 ton üretim gerçekleştirilmiş olup, dekara 76 kg verim elde edilmiştir (Anonim 2019 b).

Son yıllarda çörek otuna olan talebin ve ekim alanlarının artmasına karşılık verim istenilen düzeylere ulaşmamaktadır. Ülkemizde çörek otu yetiştiriciliği genel olarak yerel popülasyonlarla sürdürülmektedir. Tescilli olarak Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen Çameli dışında başka bir çeşit bulunmamaktadır. Bölgelere göre uygun ekim zamanının ayarlanamaması ve genel olarak yazlık ekim yapılması verim düşüklüğünün nedenleri arasındadır. Kışı çok sert geçmeyen bölgelerde üretim desenleri içerisine çörek otunun kışlık olarak yetiştiriciliği de adapte edilebilir. Kurak geçen yıllarda bitkinin ihtiyaç duyduğu gelişme dönemlerinde su ihtiyacının karşılanamaması, yabancı otlarla mücadele gibi bazı agronomik uygulamaların zamanında yerine getirilememesi ve hasat zamanının gecikmesi ile tane kaybının olması ülkemizde çörekotu

tarımında karşılaşılan bazı problemleri ve verim düşüklüğünü açıklamaktadır. Bu çalışmada Bursa ve benzer ekolojilerde yetiştirilebilecek yüksek tohum verimi ve sabit yağ oranına sahip öne çıkan ümitvar çörek otu genotiplerini belirlemek ve öneride bulunmak amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma 2016 ve 2017 yıllarında 2 yıl süre ile, Bursa İli'ne yaklaşık 20 km uzaklıktaki Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin Görükle Kampüsü'ndeki Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme alanlarında gerçekleştirilmiştir. Deneme alanının rakımı 103 m olup koordinatları 40° 13' kuzey enlem ve 28° 51' doğu boylam dereceleri arasında yer almaktadır.

Denemenin yapıldığı Bursa İli'nin iklimi, Akdeniz ile Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği göstermektedir. Araştırmanın yapıldığı 2016 ve 2017 yıllarındaki bitki gelişme periyodu içinde yer alan ayların (Nisan-Ağustos) sıcaklık, yağış ve oransal nem değerleri ile aynı ayların uzun yılları kapsayan ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim 2016, Anonim 2017).

**Çizelge 1.** Bursa İli'nde Uzun Yıllar Ortalaması ve Denemenin Yürütüldüğü Dönemdeki Yıllara Ait Sıcaklık (°C), Yağış (mm) ve Oransal Nem (%) Değerleri (Anonim 2016; Anonim 2017)

AYLAR	UYO (1975-2015)			2016 Yılı			2017 Yılı		
	Sıc. (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıc. (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıc. (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)
Nisan	13.08	64.96	66.04	16.40	22.80	65.30	12.20	38.10	68.80
Mayıs	17.43	44.30	62.17	18.30	67.30	71.20	17.20	33.30	71.50
Haziran	22.57	36.30	57.74	24.50	36.40	62.30	22.10	56.40	70.00
Temmuz	24.85	17.28	56.12	25.90	0.00	60.40	24.60	18.90	63.60
Ağustos	24.50	13.70	57.01	26.20	7.60	66.00	24.50	6.30	66.40
Toplam	-	176.54	-	-	134.10	-	-	153.00	-
Ortalama	20.50	-	59.89	22.26	-	65.00	20.12	-	68.00

Toprak analiz sonuçlarına göre, deneme alanı killi ve kireçli, tuzsuz (0.77), hafif alkali reaksiyonda (pH:7.88), organik madde (% 1.2) bakımından az, alınabilir fosfor (4.98 kg/da) bakımından düşük seviyede, değişebilir potasyum (263.10 kg/da) bakımından zengin, demir, bakır ve çinko bakımından ise yeterli düzeyde bulunmuştur.

Araştırmada bitki materyali olarak *Nigella sativa* L. bitkisine ait farklı yerlerden temin edilen 12 populasyon ve Eskişehir Geçit Kuşluğu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilen Çameli çeşidi olmak üzere toplam 13 genotip kullanılmıştır (Çizelge 2).

2 yıl süre ile yürütülen araştırma Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Parsel boyutları 3 m x 1 m (3 m<sup>2</sup>) olup bir parsel 5 sıradan oluşmaktadır. Tohumlar, sıra arası 20 cm ve sıra üzeri 4 cm olacak ve ekim normu dekara 1 kg olacak şekilde ekilmiştir. Ekim ilk yıl 08.04.2016 tarihinde 2. yıl ise 01.04.2017 tarihinde yapılmıştır. Her iki deneme yılında da dekara saf madde üzerinden 5 kg N ve 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gelecek şekilde gübreleme yapılmıştır (Tektaş 2015). Azotlu gübrenin yarısı ekimle (Amonyum Sülfat) verilirken, diğer yarısı sapa kalkma döneminde (Amonyum Nitrat) uygulanmış, fosforlu gübrenin (TSP) tamamı ekimle birlikte verilmiştir. Vejetasyon dönemi boyunca önemli bir hastalık ve zararlı sorunu ile karşılaşılma, gerekli zamanlarda sulama ve bakım işlemleri gerçekleştirilmiştir. İlk yıl çıkış ve çiçeklenme öncesinde sulama yapılırken 2. yıl yeterli yağış sebebiyle sulamaya ihtiyaç duyulmamıştır. Çalışmada çiçeklenme başlangıcı tarihleri genotiplere göre değişmekle birlikte 2016 yılında 25 Mayıs-18 Haziran, 2017 yılında 11 Haziran-27 Haziran tarihleri arasında değişmiştir. Yurtdışı menşeli genotipler diğer genotiplere göre daha erken çiçeklenmişlerdir. Hasat, bitkiler sararıp kapsüller koyulaşmaya başlayınca ilk yıl 08.08.2016, ikinci yıl 01.08.2017 tarihlerinde elle yapılmıştır. Hasat edilen bitkilerin öncelikle kapsülleri ayrılmış daha sonra elekten geçirilerek tohumları elde edilmiş ve harmanlama işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra makine yardımı ile tohumların içerisinde kalan artıklar temizlenmiştir.

**Çizelge 2.** Denemede kullanılan çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotipleri ve temin edildiği yerler

No	Genotip Adı	Temin Edildiği Yer
1	Mısır	MISIR
2	Hindistan	HİNDİSTAN
3	Yunanistan	Melikli Köyü/Gümülcine/YUNANİSTAN
4	Keles-Basak	Basak Köyü/Keles İlçesi/BURSA
5	Keles-Avdan	Avdan Köyü/Keles İlçesi/BURSA
6	Keles-Yazıbaşı	Yazıbaşı Köyü/Keles İlçesi/BURSA
7	Harmancık	Harmancık İlçesi/BURSA
8	Dereyalak	Osmangazi Üniv., Ziraat Fak., Tarla Bitkileri Bölümü/ESKİŞEHİR
9	Ankara	Osmangazi Üniv., Ziraat Fak., Tarla Bitkileri Bölümü/ESKİŞEHİR
10	Denizli	Osmangazi Üniv., Ziraat Fak., Tarla Bitkileri Bölümü/ESKİŞEHİR
11	Gaziantep	Gaziantep
12	Mardin	Mardin
13	Çameli	Geçit Kuşluğu Tarımsal Araştırma Enstitüsü/ESKİŞEHİR

Araştırmada bitki boyu (cm), bitkide dal sayısı (adet), bitkide kapsül sayısı (adet), kapsülde tohum sayısı (adet), kapsülde tohum ağırlığı (g), bitkide tohum sayısı (adet), 1000 tane ağırlığı (g), tohum verimi (kg da<sup>-1</sup>), sabit yağ verimi (kg da<sup>-1</sup>) ve sabit yağ oranı (%) belirlenmiştir. Sabit yağ oranı Tarla Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'nda her parselden alınan tohum örneklerinin öğütülmesi ve kuru ağırlıklarının tartılmasından sonra Sokselet cihazında ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir (Öğütçü 1979).

Elde edilen veriler ‘Tesadüf Blokları Deneme Deseni’ne uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur (Turan 1995). Önemlilik testlerinde % 5 ve % 1 olasılık düzeyleri kullanılmıştır. Ortalama değerler Asgari Önemli Farklılık (AÖF=LSD) testine göre % 5 olasılık düzeyinde gruplandırılmıştır (Steel and Torrie, 1981). Hesaplamalar JUMP (Versiyon 7) paket programından faydalanılarak yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Bursa ekolojik koşullarında farklı çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerinin verim ve verim özellikleri ile sabit yağ oranlarının değerlendirildiği çalışmada, incelenen özelliklere ait yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler ve değerlendirmeler alt başlıklar halinde sunulmuştur.

### Bitki Boyu (cm)

Ele alınan çörek otu genotiplerinde bitki boyunda yıl, genotip ve yıl x genotip interaksyonu bakımından belirlenen farklılıklar % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ortalama bitki boyu değerleri incelendiğinde, 2017 yılının (48.66 cm) 2016 (30.67 cm) yılına göre daha yüksek bitki boyu değerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Araştırmada bitkilerin vejetatif gelişme devresindeki toplam yağış miktarının 2017 yılında 2016 yılına göre 18.9 mm daha fazla olması (Çizelge 1) bitkinin gelişiminde etkili ve ortalama bitki boyunun artmasında etken olmuştur. Bu artış % 15.86 olarak belirlenmiştir.

Genotip ortalamaları 1. yıl 21.15-38.36 cm, 2. yıl 29.34-62.63 cm arasında bulunmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise 25.58-50.50 cm arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Çameli çeşidinde, en düşük değer ise Yunanistan genotipinde elde edilmiştir. Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde bitki boyu değerlerinin 21.15-62.63 cm arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değer 2. yıl Çameli çeşidinde, en düşük değerler ise aynı istatistiki grupta yer alan Mısır (21.15 cm), Yunanistan (21.82 cm) ve Hindistan (24.08 cm) genotiplerinde 1. yıl belirlenmiştir. Bu genotipler her iki yılda da düşük bitki boyuna sahip olurken Çameli çeşidi en yüksek bitki boyuna sahip olmuştur. Çalışmamızda yurt dışı kökenli genotiplerin bitki boyu daha kısa ölçülmüştür. (Çizelge 3).



**Çizelge 3.** Çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerine ait ortalama bitki boyu (cm) ve dal sayısı (adet) değerleri

Genotipler	Bitki Boyu (cm)			Dal Sayısı (adet)		
	2016	2017	2016-2017	2016	2017	2016-2017
Mısır	21.15 j	38.20 f	29.67 G	4.55 ab	3.40 fg	3.97 BCD
Hindistan	24.08 j	31.30 hı	27.69 G	3.96 b-f	3.10 g	3.53 D
Yunanistan	21.82 j	29.34 ı	25.58 H	3.76 c-g	3.76 c-g	3.76 CD
Keles-Basak-Bursa	33.53 gh	50.26 d	41.90 DE	4.40 bc	4.03 b-f	4.21 ABC
Keles-Avdan-Bursa	31.35 hı	53.46 c	42.40 DE	4.23 bcd	3.60 d-g	3.91 BCD
Keles-Yazıbaşı-Bursa	34.43 g	53.33 c	43.88 CD	4.53 ab	4.00 b-f	4.26 ABC
Harmancık-Bursa	31.20 hı	50.73 cd	40.96 E	4.16 b-e	3.46 efg	3.81 BCD
Dereyalak	32.43 gh	52.91 cd	42.67 DE	4.30 bcd	3.66 d-g	3.98 A-D
Ankara	33.50 gh	58.43 b	45.96 B	5.16 a	3.40 fg	4.28 ABC
Denizli	32.17 ghı	50.36 d	41.27 E	4.20 bcd	3.74 c-g	3.97 BCD
Gaziantep	33.67 gh	42.40 e	38.04 F	4.30 bcd	3.60 d-g	3.95 BCD
Mardin	30.96 hı	59.20 b	45.08 BC	4.16 b-e	4.46 abc	4.31 AB
Çameli	38.36 f	62.63 a	50.50 A	4.40 bc	4.60 ab	4.50 A
YIL ORTALAMASI	30.67 B	48.66 A		4.31 A	3.75 B	
LSD (0.05)	Yıl: 3.56, Genotip: 1.41, YxG: 2.93			Yıl: 0.42, Genotip: 0.52, YxG: 0.73		
	Yıl:**, Genotip:**, YxG: **			Yıl:*, Genotip:*, YxG: *		

Aynı harfi veya harfleri içeren rakamlar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.

\*,\*\*: Sırasıyla istatistiki olarak % 5 ve % 1 olasılık düzeyinde önemlidir.

Ülkemizde farklı ekolojilerde çörek otu ile yürütülen ve yazlık ekim yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda Ankara'da 28.60-56.53 cm (Arslan 1994; Arslan ve ark. 2013), Tekirdağ'da 34.53-38.10 cm (Baytöre 2011), Eskişehir'de 32.33-43.67 cm (Kulan ve ark. 2012; Tavas ve ark. 2013; Turan 2014), Samsun-Çarşamba'da 37.58-42.98 cm (Taşı 2013), Erzurum'da 22.00-47.70 cm (Ürüşan 2016), Kayseri'de ortalama 44.22 cm (Beyzi, 2018), Kırşehir-Boztepe'de 22-30 cm (Selicioğlu 2018) ve Kahramanmaraş'ta 25.66-45.03 cm (Keser 2019) belirlenen bitki boyu değerleri ile çalışmamızdan elde edilen sonuçlar uyum içerisindedir. Elde ettiğimiz bitki boyu değerleri Tokat'ta 42.30-59.90 cm (Telci 1995; Küçükemre 2009), Kocaeli'de 51.18-53.58 cm (Baytöre 2011), Tokat-Kazova'da 1. yıl 45.46-56.46 cm, 2. yıl 27.40-45.48 cm (Ertaş 2016) ve Tokat-Niksar'da 41.00-56.80 cm (Bıyık 2018) olarak saptanan sonuçlardan daha düşük Eskişehir'de 16.60-25.20 cm (Akgören 2011) olarak elde edilen değerlerden ise daha yüksek bulunmuştur. Araştırmalarda ortaya çıkan farklılıkların nedeni çalışmaların yürütüldüğü ekolojilerin, iklim koşullarının, kullanılan genotiplerin ve agronomik uygulamaların farklılığı ile açıklanabilir.

### Bitkide Dal Sayısı (adet)

Ele alınan çörek otu genotiplerinde dal sayısında yıl, genotip ve yıl x genotip interaksyonu bakımından belirlenen farklılıkların % 5 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunduğu Çizelge 3'de görülmektedir.

Ortalama bitkide dal sayısı değerleri incelendiğinde 2016 yılının 4.31 adet ile 2017 (3.75 adet) yılına göre daha yüksek bitkide dal sayısı değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bitkide dal sayısı bakımından ele alınan genotipler 1. yıl 3.76 adet (Yunanistan)-5.16 adet (Ankara), 2.yıl 3.10 adet (Hindistan)-4.60 adet (Çameli) arasında değişen değerlere sahip olmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise 3.53-4.31 adet arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Çameli çeşidinde, en düşük değer ise Hindistan genotipinde elde edilmiştir. Çameli çeşidini aynı istatistiki grupta yer alan Mardin (4.31 adet), Ankara (4.28 adet), Keles-Yazıbaşı (4.26 adet), Keles-Basak (4.21 adet) ve Dereyalak (3.98 adet) genotipleri izlemiştir (Çizelge 3).

Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde bitkide dal sayısı değerlerinin 3.10-5.16 adet arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değer 1. yıl Ankara (5.16 adet), en düşük değer ise 2. yıl Hindistan (3.10 adet), genotiplerinde kaydedilmiştir (Çizelge 3).

Bitkide dal sayısı ülkemizde çeşitli araştırmacılar tarafından yürütülen ve yazlık ekim yapılan çalışmalarda Tokat'ta 4.13-5.43 adet (Telci 1995) ve 1.9-5.7 adet (Küçükemre 2009), Eskişehir'de 3.1-4.6 adet (Akgören 2011), Tekirdağ'da 3.45-4.45 adet ve Kocaeli'de 4.10-4.42 adet (Baytöre 2011), Tokat-Niksar'da 3.2-4.2 adet (Bıyık 2018) ve Kırşehir-Boztepe'de 2.3-4.0 adet (Selicioğlu 2018) olarak belirlenen değerler çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Sonuçlarımız Ankara'da 1.26-3.53 adet (Arslan ve ark. 2013), Samsun/Çarşamba'da 2.60-3.06 adet (Taqi 2013) ve Eskişehir'de 2.80-3.12 adet (Tavas ve ark 2013) olarak belirlenen bitkide dal sayısı değerlerinden yüksek, Ankara'da 5.4-7.1 adet (Arslan 1994), Tokat-Kazova'da 1. yıl 3.87-6.23 adet, 2. yıl 4.19-7.38 adet (Ertaş 2016), Erzurum'da 3.9-6.7 adet (Ürüştan 2016) ve Kahramanmaraş'ta 4.03-8.33 adet (Keser 2019) olarak kaydedilen değerlerden ise düşük olarak bulunmuştur. Dal sayıları bakımından saptanan farklılıkların araştırmalarda kullanılan genotiplerin özellikleri ile birlikte birim alana atılan tohumluk miktarının, sıra arası mesafesinin ve gübre dozlarının farklılığı gibi uygulanan agronomik işlemlere bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir.

### **Bitkide Kapsül Sayısı (adet)**

Ele alınan çörek otu genotiplerinde kapsül sayısında yıl, genotip ve yıl x genotip interaksyonu bakımından belirlenen farklılıklar % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Bu özellik bakımından bulunan değerler incelendiğinde 2017 yılının 8.55 adet ile 2016 (5.42 adet) yılına göre daha yüksek bitkide kapsül sayısı değerine sahip olduğu görülmektedir. Ortalama kapsül sayısındaki yıllar arasında meydana gelen bu artış oranı % 57.75 olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak 2017 yılında çiçeklenme dönemine denk gelen Haziran ayında sıcaklığın (22.10 °C) ilk yıla (24.50 °C) göre daha düşük olmasının tozlanma ve döllenmeyi olumlu yönde etkileyip çiçek sayısını ve bunun paralelinde oluşan kapsül sayısını arttırdığı düşünülmektedir (Çizelge 1). Bitkide kapsül sayısı bakımından genotip ortalamaları 1. yıl 4.66-6.80 adet, 2. yıl 6.06-10.93 adet arasında bulunmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise 5.36-8.05 adet arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Çameli çeşidinde, en düşük değer ise Hindistan genotipinde elde edilmiştir. Çameli çeşidini aynı istatistiki grupta yer alan Mardin (8.00 adet), Ankara (7.61 adet), Gaziantep (7.60 adet), Keles-Yazıbaşı (7.58 adet), Keles-Basak (7.15 adet), Denizli (6.93 adet) ve Yunanistan (6.86 adet) genotipleri izlemiştir. Yıl x genotip

interaksiyonu incelendiğinde bitki kapsül sayısı değerlerinin 4.66-10.93 adet arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değerler 2. yıl Mardin (10.93 adet) ve aynı istatistiki grupta yer alan Çameli (10.60 adet), en düşük değerler ise 1. yıl Hindistan (4.66 adet), Yunanistan (4.83 adet) ve Keles-Avdan (4.86 adet) genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerine ait ortalama bitkide kapsül sayısı (adet) ve kapsülde tohum sayısı (adet) değerleri

Genotipler	Bitkide Kapsül Sayısı (adet)			Kapsülde Tohum Sayısı (adet)		
	2016	2017	2016-2017	2016	2017	2016-2017
Mısır	5.75 g-j	7.70 def	6.72 B-E	63.25 jkl	76.13 d-ı	69.69 DE
Hindistan	4,66 j	6.06 f-j	5.36 F	60.21 l	61.10 kl	60.66 F
Yunanistan	4.83 j	8.90 bcd	6.87 A-E	64.03 jkl	68.73 ı-l	66.38 EF
Keles-Basak-Bursa	5.33 hij	8.96 bcd	7.15 A-E	80.70 b-f	68.20 ı-l	74.45 CD
Keles-Avdan-Bursa	4.86 j	8.16 cde	6.51 C-F	74.20 e-ı	87.30 abc	80.75 BC
Keles-Yazibaşı-Bursa	5.23 hij	9.93 abc	7.58 A-D	84.86 a-d	89.46 ab	87.16 AB
Harmancık-Bursa	5.26 hij	7.33 d-g	6.30 DEF	69.70 h-k	70.66 g-j	70.18 DE
Dereyalak	5.36 hij	7.00 e-h	6.18 EF	78.83 c-h	85.83 abc	82.33 B
Ankara	6.30 f-j	8.93 bcd	7.61 ABC	83.02 a-e	85.26 a-d	84.15 AB
Denizli	5.53 g-j	8.32 cde	6.93 A-E	71.83 f-j	79.22 c-g	75.53 CD
Gaziantep	6.80 e-ı	8.40 cde	7.60 A-D	75.10 e-ı	60.33 l	67.72 E
Mardin	5.06 ij	10.93 a	8.00 AB	78.70 c-h	88.60 ab	83.65 AB
Çameli	5.50 g-j	10.60 ab	8.05 A	87.02 abc	91.46 a	89.25 A
YIL ORTALAMASI	5.42 B	8.55 A		74.72 B	77.87 A	
LSD (0.05)	Yıl: 0.77, Genotip: 1.30, Y x G: 1.83			Yıl: 2.99, Genotip: 6.46, Y x G: 9.14		
	Yıl:**, Genotip:**, YxG: **			Yıl:*, Genotip:**, YxG: **		

Aynı harfi veya harfleri içeren rakamlar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.

\*,\*\*: Sırasıyla istatistiki olarak % 5 ve % olasılık düzeyinde önemlidir.

Bitkide kapsül sayısı önemli verim kriterlerinden birisidir. Yazlık ekim yapılan ve farklı ekolojilerde yürütülen çeşitli araştırmalarda kapsül sayısı Ankara'da 3.83-4.80 adet (Arslan 1994), Tokat'ta 5.97-11.47 adet (Telci 1995), Eskişehir'de 5.6-9.2 adet (Akgören 2011), ve 2.95-11.05 adet (Kulan ve ark. 2012), Tekirdağ'da 5.40-7.23 adet ve Kocaeli'de 6.00-6.40 adet (Baytöre 2011) ve Kayseri'de ortalama 8.77 adet (Beyzi 2018) olarak saptanmıştır ve sonuçlarımız ile uyumludur. Tokat'ta 4.4-24.8 adet (Küçükemre 2009) ve Erzurum'da 5.5-19.8 adet (Ürüşan 2016) olarak belirlenen değerler araştırmalarda kullanılan genotiplere göre geniş bir varyasyon göstermiş ve sonuçlarımız bu değerlerin arasında yer almıştır.

Eskişehir'de 7.62-8.55 adet (Tavas ve ark 2013), Tokat-Kazova'da 1. yıl 6.78-12.27 adet, 2. yıl 8.82-13.80 adet (Ertaş 2016), Tokat-Niksar'da 8.2-15.4 adet (Bıyık 2018) ve Kahramanmaraş'ta 7.33-12.70 adet (Keser 2019) belirlenen değerler ise sonuçlarımızdan genel olarak daha yüksek bulunmuştur. Ankara'da 2.26-5.60 adet

(Arslan ve ark. 2013), Samsun/Çarşamba'da 2.4-4.5 adet (Taqi 2013), Eskişehir'de 3.52-4.06 adet (Turan 2014) ve Kırşehir-Boztepe'de 2.6-4.3 adet (Selicioğlu 2018) olarak belirlenen değerler ise sonuçlarımızın altında yer almıştır. Bitkide kapsül sayısı bakımından saptanan farklılıklar araştırmaların yürütüldüğü ekolojik koşullardan, farklı sıra arası mesafelerinden, dekara atılan tohumluk miktarlarından, uygulanan gübre dozları ve uygulanma zamanlarından ve farklı genotiplerin kullanılmasından dolayı ortaya çıkmaktadır.

### **Kapsülde Tohum Sayısı (adet)**

Ele alınan çörek otu genotiplerinde kapsülde tohum sayısı bakımından yıllar arasında belirlenen farklılıklar % 5, genotip ve yıl x genotip interaksyonu bakımından belirlenen farklılıklar ise % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Kapsülde tohum sayısı araştırmanın 2. yılında (77.87 adet) ilk yıla göre (74.72 adet) daha yüksek bulunmuş ve bu artış % 4.22 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4). 2. yıl Haziran ayında bitkinin tozlanma ve dölllenme dönemi ile tane doldurma döneminde ekolojik koşulların özellikle sıcaklık ve yağış bakımından daha elverişli olması (Çizelge 1) kapsülde tohum sayısını arttırmıştır. Kapsülde tohum sayısı bakımından genotip ortalamaları 1. yıl 60.21-87.02 adet, 2. yıl 60.33-91.46 adet arasında bulunmuştur. Ele alınan tüm genotiplerde 2. yıl daha yüksek değerler elde edilmiştir. Birleştirilmiş yıllarda ise 60.66-89.25 adet arasında değişim göstermiş, en yüksek değerler Çameli (89.25 adet), Keles-Yazıbaşı (87.16), Ankara (84.15 adet) ve Mardin (83.65) genotiplerinde, en düşük değer ise Hindistan genotipinde (60.66 adet) elde edilmiştir. Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde kapsülde tohum sayısı değerlerinin 60.21-91.46 adet arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değerler 2. yıl Çameli (91.46 adet), Keles-Yazıbaşı (89.46 adet), Mardin (88.60) ve Keles-Avdan (87.30 adet)'dan, en düşük değer ise 1. yıl Hindistan (60.21 adet) genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4).

Kapsülde tohum sayısı ülkemizde farklı ekolojilerde çörekotu ile yürütülen ve yazlık ekim yapılan çalışmalarda Eskişehir'de 60.5-94.2 adet (Akgören 2011), Erzurum'da 62.2-117.3 adet (Ürüşan 2016), Kayseri'de ortalama 91.9 adet (Beyzi 2018) ve Kahramanmaraş'ta 59-92 adet (Keser 2019) olarak saptanan değerlerin arasında yer alırken, Ankara'da 47.66-56.86 adet (Arslan 1994) olarak belirlenen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

### **Kapsülde Tohum Ağırlığı (g)**

Ele alınan çörek otu genotiplerinde kapsülde tohum ağırlığı bakımından yıllar ve genotipler arasında belirlenen farklılıklar % 1, yıl x genotip interaksyonu bakımından ise % 5 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 5'de yer alan değerler incelendiğinde, 2016 yılının 0.23 g ile 2017 (0.21 g) yılına göre daha yüksek kapsülde tohum ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Yıllar arasındaki bu artış % 9.52 olarak gözlenmiştir.

Kapsülde tohum ağırlığı bakımından genotip ortalamaları 1. yıl 0.183-0.256 g, 2. yıl 0.146-0.251 g arasında saptanmıştır. Birleştirilmiş yıllarda ise 0.178-0.251 g arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Keles-Avdan genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi aynı istatistiki grupta yer alan Dereyalak (0.243 g), Keles-Yazıbaşı

(0.241 g), Mısır (0.236 g), Harmancık (0.226 g) ve Çameli (0.228 g) izlemiştir. En düşük değerler ise aynı istatistiki grupta yer alan Gaziantep (0.178 g) ve Mardin (0.183 g) genotiplerinde elde edilmiştir (Çizelge 5). Yıl x genotip interaksiyonu incelendiğinde belirlenen özelliğin 0.183-0.263 g arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. En yüksek kapsülde tohum ağırlığı değeri 2. yıl Keles-Avdan (0.263 g) genotipinde kaydedilmiş, bu değeri aynı istatistiki grupta yer alan 1. yıl Mısır (0.256 g), Keles-Basak (0.253 g), Dereyalak (0.253 g), Keles-Avdan (0.240 g) Keles-Yazıbaşı (0.243 g), Denizli (0.236 g) ve Çameli (0.236 g), 2. yıl Keles-Yazıbaşı (0.240 g), Dereyalak (0.233 g) ve Harmancık (0.230 g) genotipleri izlemiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerine ait ortalama kapsülde tohum ağırlığı (g) ve bitkide tohum sayısı (adet) değerleri

Genotipler	Kapsülde Tohum Ağırlığı (g)			Bitkide Tohum Sayısı (adet)		
	2016	2017	2016-2017	2016	2017	2016-2017
Mısır	0.256 ab	0.216 d-1	0.236 ABC	204.22 kl	391.93 efg	298.07 F
Hindistan	0.196 gh1	0.200 f-1	0.198 EF	204.85 kl	296.66 hij	250.76 G
Yunanistan	0.223 b-g	0.223 b-g	0.223 B-E	201.92 l	401.33 def	301.63 EF
Keles-Basak-Bursa	0.253 abc	0.186 h1	0.220 B-E	295.12 hij	496.85 abc	395.99 ABC
Keles-Avdan-Bursa	0.240 a-e	0.263 a	0.251 A	254.12 jkl	436.83 cde	345.48 DE
Keles-Yazıbaşı-Bursa	0.243 a-d	0.240 a-e	0.241 AB	273.70 ij	497.30 abc	385.50 BCD
Harmancık-Bursa	0.223 b-g	0.230 a-g	0.226 A-D	268.67 ijk	429.25 de	348.96 CD
Dereyalak	0.253 abc	0.233 a-f	0.243 AB	278.40 ij	461.10 bcd	369.75 BCD
Ankara	0.216 d-1	0.206 e-1	0.211 CDE	333.20 ghi	545.77 a	439.48 A
Denizli	0.236 a-e	0.183 ı	0.210 DE	290.79 ij	532.97 a	411.88 AB
Gaziantep	0.210 d-1	0.146 j	0.178 F	331.50 ghi	359.05 fgh	345.28 DE
Mardin	0.183 ı	0.183 ı	0.183 F	283.07 ij	525.42 ab	404.25 AB
Çameli	0.236 a-e	0.220 c-h	0.228 A-D	316.73 hij	552.03 a	434.38 A
YIL ORTALAMASI	0.228 A	0.210 B		272.02 B	455.88 A	
LSD (0.05)	Yıl: 0.004, Gen: 0.025, Y x G: 0.036			Yıl: 35.80, Gen: 46.96, Y x G: 66.42		
	Yıl:**, Genotip:**, YxG: *			Yıl:**, Genotip:**, YxG: **		

Aynı harfi veya harfleri içeren rakamlar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.

\*,\*\*: Sırasıyla istatistiki olarak % 5 ve % 1 olasılık düzeyinde önemlidir.

Kapsülde tohum ağırlığı bakımından elde ettiğimiz değerler yazlık ekim yapılan çalışmalarda belirlenen Tokat'ta 0.20-0.26 g (Küçükemre 2009), ve Eskişehir'de 0.24-0.32 g (Akgören 2011) değerler ile uyumlu, Tokat'ta 0.779-1.019 g (Telci 1995), Tekirdağ'da 1.10-1.58 g ve Kocaeli'de 1.28-1.76 g (Baytöre 2011) olarak belirlenen değerlerden ise düşük bulunmuştur. Araştırmalar arasındaki farklılıklar çalışmalara konu olan genotiplerin kapsülde tohum sayısı ve 1000 tane ağırlığı değerlerinin farklı olması ile açıklanabilir.

### **Bitkide Tohum Sayısı (adet)**

Ele alınan çörek otu genotiplerinde bitkide tohum sayısı bakımından yıl, genotip ve yıl x genotip interaksyonu bakımından belirlenen farklılıkların % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir Bitkide tohum sayısı bakımından elde edilen değerler incelendiğinde 2017 yılında 455.88 adet ile 2016 yılına (272.02 adet) göre daha yüksek verilere ulaşıldığı görülmektedir (Çizelge 5). Bu değer 2017 yılında bitki boyunun, kapsül sayısının ve kapsülde tohum sayısının artmasına bağlı olarak yükselmiş ve artış oranı % 67.6 olarak gerçekleşmiştir.

Bitkide tohum sayısı bakımından genotip ortalamaları 1. yıl 201.92-333.20 adet, 2. yıl 296.66-552.03 adet arasında bulunmuştur. Ele alınan tüm genotiplerde 2. yıl daha yüksek değerler elde edilmiştir. Birleştirilmiş yıllarda ise 250.76-439.48 adet arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Ankara (439.48 adet) ve Çameli (434.38 adet) çeşidinde, en düşük değer ise Hindistan genotipinde elde edilmiştir. En yüksek değerleri veren genotipleri azalan sıra ile aynı istatistiki grupta yer alan Denizli (411.88 adet), Mardin (404.25 adet) ve Keles-Basak (395.99 adet) izlemiştir. Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde bitki tohum sayısı değerlerinin 201.92-552.03 adet arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değerler 2. yıl Çameli (552.03 adet), Ankara (545.77 adet) ve Denizli (532.97 adet)'den, en düşük değer ise 1. yıl Yunanistan (201.92 adet) genotipinden elde edilmiştir. En yüksek değerleri 2. yıl azalan sıra ile aynı istatistiki grupta yer alan Mardin 525.42 adet), Keles-Basak (496.85 adet), Keles-Avdan (436.83 adet), Keles-Yazıbaşı (497.30 adet) izlemiştir (Çizelge 5).

### **1000 Tane Ağırlığı (g)**

Ele alınan çörek otu genotiplerinde 1000 tane ağırlığı bakımından yıllar ve genotipler arasında belirlenen farklılıklar % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunurken yıl x genotip interaksyonu bakımından önemsiz bulunmuştur. Çizelge 6'da yer alan değerler incelendiğinde, 2016 yılının 3.00 g ile 2017 (2.75 g) yılına göre daha yüksek 1000 tane ağırlığı değerine sahip olduğu görülmektedir. Kapsülde tane sayısı ile tane ağırlığının negatif yönde korelasyon göstermesi bilgisinden yola çıkılarak 1. yıl biraz daha yüksek 1000 tane ağırlığı değerleri elde edilmesi açıklanabilir.

Genotip ortalamaları 1. yıl 2.33-3.45 g, 2. yıl 2.13-3.38 g arasında bulunmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise 2.23-3.42 g arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Yunanistan genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi aynı istatistiki grupta yer alan Hindistan (3.35 g) ve Mısır (3.29 g) izlemiştir. En düşük değer ise aynı istatistiki grupta yer alan Mardin (2.23 g) genotipinde elde edilmiştir. Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde, 1000 tane ağırlığı değerleri arasında istatistiki olarak bir farklılığın olmadığı ve bu değerlerin 2.13-3.45 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 6).

Ülkemizde farklı ekolojilerde çörekotu ile yürütülen ve yazlık ekim yapılan çalışmalarda 1000 tane ağırlığı Ankara'da 2.065-2.150 g (Arslan 1994), Tokat'ta 2.13-2.46 g (Telci 1995), Tokat'ta 2.17-2.47 g (Küçükemre 2009), Tekirdağ'da 2.05-2.27 g ve Kocaeli'de 1.97-2.30 g (Baytöre 2011), Van'da 2.48 g (Tunçtürk ve ark. 2011), Eskişehir'de 2.22-2.69 g (Kulan ve ark. 2012), Ankara'da 1.97-2.02 g (Arslan ve ark. 2013), Samsun/Çarşamba'da 2,40-2,57 g (Taqi 2013), Eskişehir'de 2,34-2,73 g (Tavas ve ark 2013), Eskişehir'de 2.17-



2.40 g (Turan 2014), Tokat-Kazova'da 1. yıl 1.98-3.61 g, 2. yıl 2.13-3.31 g (Ertaş 2016), Erzurum'da 2.5-3.5 g (Ürüşan 2016), Kayseri'de ortalama 2.63 g (Beyzi 2018), Niksar'da 2.1-2.8 g (Bıyık 2018), Kırşehir-Boztepe'de 1.95-2.96 g (Selicioğlu 2018), Kahramanmaraş'ta 1.71-3.65 g (Keser 2019) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 6.** Çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerine ait ortalama 1000 tane ağırlığı (g) ve tohum verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ) değerleri

Genotipler	1000 Tane Ağırlığı (g)			Tohum Verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ )		
	2016	2017	2016-2017	2016	2017	2016-2017
Mısır	3.37	3.20	3.29 A	40.48 gh	47.67 g	44.07 F
Hindistan	3.45	3.24	3.35 A	41.47 gh	37.53 gh	39.50 F
Yunanistan	3.45	3.38	3.42 A	35.77 h	41.72 gh	38.75 F
Keles-Basak-Bursa	3.20	2.65	2.93 BC	72.97 c-f	96.94 a	84.95 AB
Keles-Avdan-Bursa	3.21	2.87	3.04 B	69.54 def	75.77 cde	72.65 DE
Keles-Yazıbaşı-Bursa	3.08	2.70	2.89 BCD	76.21 cd	90.70 ab	83.46 ABC
Harmancık-Bursa	3.12	2.95	3.04 B	83.08 bc	95.07 a	89.08 A
Dereyalak	2.99	2.71	2.85 CD	77.69 cd	72.62 c-f	75.16 CD
Ankara	2.62	2.27	2.45 G	71.60 c-f	90.21 ab	80.91 A-D
Denizli	2.77	2.49	2.63 EF	76.47 cd	91.05 ab	83.76 AB
Gaziantep	2.81	2.73	2.77 DE	67.50 def	62.34 f	64.92 E
Mardin	2.33	2.13	2.23 H	62.92 f	82.28 bc	73.10 DE
Çameli	2.70	2.44	2.57 FG	63.99 ef	97.29 a	80.64 BCD
YIL ORTALAMASI	3.00 A	2.75 B		64.59 B	75.48 A	
LSD (0.05)	Yıl: 0.09, Genotip: 0.15			Yıl: 4.45, Genotip: 8.31, Y x G: 11.76		
	Yıl:**, Genotip:**, YxG: öd			Yıl:**, Genotip:**, YxG: **		

Aynı harfi veya harfleri içeren rakamlar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.

\*,\*\*: Sırasıyla istatistiki olarak % 5 ve % 1 olasılık düzeyinde önemlidir. öd: Önemli değil

### Tohum Verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ )

Ele alınan çörek otu genotiplerinde tane verimi bakımından yıl, genotip ve yıl x genotip interaksiyonu bakımından belirlenen farklılıklar % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 6'da 2017 yılında  $75.48 \text{ kg da}^{-1}$  ile 2016 ( $64.59 \text{ kg da}^{-1}$ ) yılına göre daha yüksek tohum verim değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Çalışmamızın 2. yılında ilk yıla göre verime etki eden bitki boyu, kapsül sayısı, kapsülde tohum sayısı, bitkide tohum sayısı ve bitki başına tohum verimi değerlerinin yüksek olması paralelinde tohum veriminde de % 16.86'lık artış meydana gelmiştir.

Genotip ortalamaları 1. yıl  $35.77-83.08 \text{ kg da}^{-1}$ , 2. yıl  $37.53-97.29 \text{ kg da}^{-1}$  arasında bulunmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise  $38.75-89.08 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Harmancık genotipinde, en düşük değer ise Yunanistan genotipinde elde edilmiştir. En yüksek değerleri veren Harmancık genotipini aynı istatistiki grupta yer alan Keles-Basak ( $84.95 \text{ kg da}^{-1}$ ), Denizli ( $83.76 \text{ kg da}^{-1}$ ), Keles-Yazıbaşı ( $83.46 \text{ kg da}^{-1}$ ) ve Ankara ( $80.91 \text{ kg da}^{-1}$ ) genotipleri izlemiştir (Çizelge 6). Yıl x genotip interaksiyonu incelendiğinde tohum verim değerlerinin  $35.77-97.29 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek

değerler 2. yıl 97.29 kg da<sup>-1</sup> ile Çameli, 96.94 kg da<sup>-1</sup> ile Keles-Basak ve 95.07 kg da<sup>-1</sup> ile Harmancık genotiplerinde belirlenmiştir. Bu değerleri aynı istatistiki grupta yer alan Keles-Yazıbaşı (90.70 kg da<sup>-1</sup>), Ankara (90.21 kg da<sup>-1</sup>) ve Denizli (91.05 kg da<sup>-1</sup>) genotipleri izlemiştir. En düşük değer ise 1. yıl 35.77 kg da<sup>-1</sup> ile Yunanistan genotipinde saptanmış, her iki yılda da yurtdışı kökenli genotipleri daha düşük tohum verimine sahip olmuşlardır (Çizelge 6).

Ülkemizde ve yurt dışında farklı ekolojilerde çörekotu ile yürütülen ve yazlık ekim yapılan çalışmalarda tohum verimi bakımından elde edilen değerler İtalya'da 40.4-101.8 kg da<sup>-1</sup> (D'Antuono ve ark. 2001), Van'da 59.7 kg da<sup>-1</sup> (Tunçtürk ve ark. 2011), Eskişehir'de 55.77-90.33 kg da<sup>-1</sup> (Kulan ve ark. 2012; Tavas ve ark. 2013), Kayseri'de ortalama 71.8 kg da<sup>-1</sup> (Beyzi 2018), Kırşehir-Boztepe'de 58.4-122 kg da<sup>-1</sup> (Selicioğlu 2018) arasında bulunmuştur. Çalışmamızda belirlenen tohum verimi değerleri araştırmacıların bulguları ile benzerdir. Çalışmanın sonucunda tohum verimi bakımından kaydettiğimiz değerler Ankara'da 16.67-63.4 kg da<sup>-1</sup> (Arslan 1994; Arslan ve ark. 2013), Van'da 64.5 kg da<sup>-1</sup> (Türközü 2005), Tekirdağ'da 28.43-41.98 kg da<sup>-1</sup> ve Kocaeli'de 36.73-43.50 kg da<sup>-1</sup> (Baytöre 2011), Kahramanmaraş'ta 14.86-39.03 kg da<sup>-1</sup> (Keser 2019) ve Tokat-Kazova'da 1. yıl 29.9-50.5 kg da<sup>-1</sup>, 2. yıl 22.8-58.4 kg da<sup>-1</sup> (Ertaş 2016) olarak bulunan sonuçların üstünde kalmıştır. Bu çalışmalar ile birlikte Tokat'ta 104.38-138.38 kg da<sup>-1</sup> (Telci 1995), Tokat'ta 160-284.3 kg da<sup>-1</sup> (Küçükemre 2009), Eskişehir'de 87.15-188.13 kg da<sup>-1</sup> (Akgören 2011; Turan 2014), Erzurum'da 94.8-169.1 kg da<sup>-1</sup> (Ürüşan 2016) ve Niksar'da 117.7-191.3 kg da<sup>-1</sup> (Bıyık 2018) olarak saptanan tohum verimleri elde ettiğimiz sonuçların üzerindedir. Tohum verimi bakımından araştırmalar arasında saptanan farklılıklar çalışmaların yürütüldüğü ekolojik koşullara, dekara atılan tohumluk miktarına, denemelerin sulu ya da kuru şartlarda yürütülmesine, yetiştirme döneminde uygulanan agronomik işlemlere ve kullanılan genotiplerin özelliklerine göre değişim göstermiştir.

### Sabit Yağ Oranı (%)

Çizelge 7'de çörek otu genotiplerine ait ortalama sabit yağ oranı değerleri ve gruplandırılmalar görülmektedir. Ele alınan çörek otu genotiplerinde sabit yağ oranı bakımından yıllar arasında belirlenen farklılıklar önemsiz, genotipler arasında % 5, yıl x genotip interaksyonu bakımından ise % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sabit yağ oranı 2016 yılında % 31.35, 2017 yılında ise % 30.74 olarak belirlenmiştir. Sabit yağ oranı bakımından genotip ortalamaları 1. yıl % 29.65 (Harmancık)-33.15 (Gaziantep), 2. yıl % 25.77 (Keles-Basak)-33.30 (Mardin) arasında bulunmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise sabit yağ oranı % 29.14-32.98 arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Çameli çeşidinde, en düşük değerler ise Keles-Basak (% 29.14), Keles-Avdan (% 29.16) ve Keles-Yazıbaşı (% 29.26) genotiplerinden elde edilmiştir. En yüksek değeri veren Çameli çeşidini azalan sıra ile aynı istatistiki grupta yer alan Hindistan (% 32.18), Mardin (% 32.05), Gaziantep (% 31.86), Denizli (% 31.53) Dereyalak ve Yunanistan (% 31.36), Mısır (% 31.29) ve Ankara (% 30.92) izlemiştir.

Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde sabit yağ oranı değerlerinin % 25.77-33.30 arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değer 2. yıl Mardin, en düşük değer ise yine 2. yıl Keles-Basak, genotiplerinde belirlenmiştir. Sabit yağ oranı bakımından sırası ile 1. yıl ve 2. yıl Hindistan (% 31.83 ve % 32.53), Yunanistan



(% 31.53 ve % 31.20), Dereyalak (% 32.23 ve % 30.50), Ankara (% 31.27 ve % 30.57), Denizli (% 30.33 ve % 32.73), Gaziantep (% 33.15 ve % 30.57), Mardin (% 30.80 ve % 33.30) ve Çameli (% 33.13 ve % 32.83) genotipleri yüksek değerlere ulaşarak her iki yılda da birbirine benzer yağ oranları vermişlerdir (Çizelge 7).

Sabit yağ oranı bakımından elde ettiğimiz değerler ülkemizde farklı ekolojilerde yürütülen ve yazlık ekim yapılan çalışmalarda Tokat'ta % 27.1-34.6 (Küçükemre 2009), Ankara'da % 21,70-31,50 (Arslan ve ark. 2013), Samsun/Çarşamba'da % 24.89-31.16 (Taşı 2013), Kayseri'de ortalama % 30.9 (Beyzi 2018), Niksar'da % 25.6-32.9 (Bıyık 2018), Kırşehir-Boztepe'de % 33.8-35.5 (Selicioğlu 2018) olarak belirlenen değerler ile uyumlu; Eskişehir'de % 19.51-26.34 (Akgören 2011), Tekirdağ'da % 16.71-26.34 ve Kocaeli'de % 17.49-30.08 (Baytöre 2011), Kahramanmaraş'ta % 18-28.33 (Keser 2019) olarak kaydedilen değerlerden yüksek; Tokat'ta % 34.41-40.31 (Telci 1995), Eskişehir'de % 39-40.5 (Kulan ve ark. 2012), Eskişehir'de % 36.09-36.37 (Tavas ve ark 2013), Eskişehir'de % 35.69-41.26 (Turan 2014), Tokat-Kazova'da 1. yıl % 33.1-40.0, 2. yıl % 36.2-41.2 (Ertaş 2016), Erzurum'da % 36.1-41.6 (Ürüşan 2016) olarak belirlenen değerlerden ise düşük olarak bulunmuştur. Araştırmalarda kullanılan genotiplerin farklı olması değişen oranlarda sabit yağ oranı elde edilmesinin nedenleri arasındadır.

**Çizelge 7.** Çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerine ait ortalama sabit yağ oranı (%) ve sabit yağ verimi (kg da<sup>-1</sup>) değerleri

Genotipler	Sabit Yağ Oranı (%)			Sabit Yağ Verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
	2016	2017	2016-2017	2016	2017	2016-2017
Mısır	30.05 b-f	32.53 a-d	31.29 ABC	12.07 kl	15.55 jk	13.81 F
Hindistan	31.83 a-e	32.53 a-d	32.18 AB	13.15 kl	12.16 kl	12.66 F
Yunanistan	31.53 a-e	31.20 a-e	31.36 ABC	11.26 l	13.00 kl	12.13 F
Keles-Basak-Bursa	32.52 a-d	25.77 g	29.14 C	23.58 d-g	24.99 cde	24.29 BC
Keles-Avdan-Bursa	31.35 a-e	26.97 fg	29.16 C	21.76 e-ı	20.43 ghı	21.09 DE
Keles-Yazıbaşı-Bursa	29.75 c-f	28.77 efg	29.26 C	22.67 d-ı	26.02 cd	24.34 BC
Harmancık-Bursa	29.65 def	31.33 a-e	30.49 BC	24.61 c-f	29.93 ab	27.27 A
Dereyalak	32.23 a-d	30.50 a-e	31.36 ABC	25.04 cde	22.15 e-ı	23.60 CD
Ankara	31.27 a-e	30.57 a-e	30.92 ABC	22.25 e-ı	27.62 bc	24.94 ABC
Denizli	30.33 a-e	32.73 a-d	31.53 AB	23.08 d-h	29.89 ab	26.48 AB
Gaziantep	33.15 ab	30.57 a-e	31.86 AB	22.19 e-ı	19.06 ij	20.63 E
Mardin	30.80 a-e	33.30 a	32.05 AB	19.66 hı	27.43 bc	23.55 CD
Çameli	33.13 ab	32.83 abc	32.98 A	21.15 f-ı	32.02 a	26.59 AB
YIL ORTALAMASI	31.35	30.74		20.19 B	23.10 A	
LSD (0.05)	Genotip: 2.22, YxG: 3.15			Yıl:2.83, Genotip: 2.63, YxG: 3.71		
	Yıl:öd, Genotip:*, YxG: **			Yıl:*, Genotip:**, YxG: **		

Aynı harfi veya harfleri içeren rakamlar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.

\*,\*\*: Sırasıyla istatistiki olarak % 5 ve % 1 olasılık düzeyinde önemlidir. öd: Önemli değil

### Sabit Yağ Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Ele alınan çörek otu genotiplerinde sabit yağ verimi bakımından yıllar arasında belirlenen farklılıklar % 5, genotip ve yıl x genotip interaksyonu bakımından belirlenen farklılıklar ise % 1 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 7’de yer alan değerler incelendiğinde, 2017 yılının 23.10 kg da<sup>-1</sup> ile 2016 (20.19 kg da<sup>-1</sup>) yılına göre daha yüksek sabit yağ verim değerine sahip olduğu görülmektedir. Sabit yağ verimi bakımından genotip ortalamaları 1. yıl 11,26-25.04 kg da<sup>-1</sup>, 2. yıl 12.16-32.02 kg da<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Birleştirilmiş yıllarda ise 12.13-27.27 kg da<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiş, en yüksek değer Harmancık, en düşük değer ise Yunanistan genotipinde elde edilmiştir. Harmancık genotipini aynı istatistiki grupta yer alan Çameli (26.59 kg da<sup>-1</sup>), Denizli (26.48 kg da<sup>-1</sup>), Ankara (24.94 kg da<sup>-1</sup>) genotipleri izlemiştir (Çizelge 4.26). Yıl x genotip interaksyonu incelendiğinde sabit yağ verim değerlerinin 11.26-32.02 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek değer 2. yıl Çameli, en düşük değer ise 1. yıl Yunanistan, genotiplerinde belirlenmiştir.

Sabit yağ verimi bakımından çalışmamızda elde edilen veriler yazlık olarak yapılan çalışmalarda Eskişehir’de 20.12-25.06 l da<sup>-1</sup> (Tavas ve ark 2013), Tokat-Kazova’da 1. yıl 11.2-23.3 kg da<sup>-1</sup>, 2. yıl 9.4-21.1 kg da<sup>-1</sup> (Ertaş 2016) değerleri ile benzerlik göstermekte, Ankara’da 3.63-19.97 kg da<sup>-1</sup> (Arslan ve ark. 2013) arasında saptanan değerlerden ise yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar ile birlikte Tokat’ta 36.78-52.73 kg da<sup>-1</sup> (Telci 1995), Tokat’ta 43-98.2 kg da<sup>-1</sup> (Küçükemre 2009), Eskişehir’de 18.78-41.08 kg da<sup>-1</sup> (Akgören 2011), Eskişehir’de 32.02-42.97 kg da<sup>-1</sup> (Turan 2014), Niksar’da 31.6-55.6 kg da<sup>-1</sup> (Bıyık 2018) ve Kırşehir-Boztepe’de 19.7-43.3 kg da<sup>-1</sup> (Selicioğlu 2018) olarak belirlenen sabit yağ verimleri bizim elde ettiğimiz değerlerin üzerinde yer almıştır. Çalışmalarda kullanılan genotiplerin tohum verimi ve sabit yağ oranlarındaki değişimler bu farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sabit yağ verimi, tohum verimi ve sabit yağ oranının çarpılması ile ortaya çıkmaktadır. Araştırmanın 2. yılında tohum veriminin ilk yıla göre daha yüksek olması, sabit yağ oranının da yıllar arasında istatistiksel olarak farklılık göstermemesi sabit yağ veriminde % 14.41’lik bir artış sağlamıştır. Yurt dışı kaynaklı genotiplerin sabit yağ oranı yüksek olmasına rağmen tohum verimlerinin çok düşük olması sabit yağ verimi bakımından en alt sıralarda yer almalarına neden olmuştur.

### Sonuç

Sonuç olarak; çalışmada kullanılan tescilli çeşit ve yerel tohumlar yurt dışı orijinli genotiplere göre, verim ve verim kriterleri açısından daha üstün performans göstermiştir. Araştırmanın sonucunda özellikle tohum verimi ve sabit yağ oranı göz önüne alındığında Harmancık, Denizli, Keles-Basak, Keles-Yazıbaşı, Ankara ve Çameli genotiplerinin Bursa ve benzer ekolojilerde başarı ile yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Çörek otu tarımının ülkemizde yaygınlaşması bölge koşullarına uygun, yüksek verimli ve kaliteli çeşitlerin ıslahı ile mümkün olacaktır. Bu çalışmanın sonucunda öne çıkan genotipler gelecekteki ıslah çalışmaları için ümitvar olarak kabul edilmiştir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Akgören, G. 2011. Bazı çörek otu (*Nigella sativa* L.) populasyonlarının tarımsal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 72 s.
- Anonim, 2016. Bursa bölgesi iklim verileri. Bursa Meteoroloji Bölge Müd. (Yayınlanmamış Kayıtlar), Bursa.
- Anonim, 2017. Bursa bölgesi iklim verileri. Bursa Meteoroloji Bölge Müd. (Yayınlanmamış Kayıtlar), Bursa.
- Anonim, 2019 a. TUBİVES. Türkiye Bitki Verileri Servisi. <https://www.tubives.com/> (Erişim Tarihi 20.09.2019)
- Anonim, 2019 b. TÜİK İstatistiki Verileri. <https://www.biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim Tarihi 20.09.2019)
- Arslan, N. 1994. Ekim zamanı ve bitki sıklığının çörek otu (*Nigella sativa* L.) verimine etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 3(1-2), 73-80.
- Arslan, Y., Katar, D. Ve Subaşı, İ. 2013. Çörek otu (*Nigella sativa* L.)' nda farklı ekim zamanlarının verim ve bazı bitkisel özellikler üzerine etkileri. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu 13-15 Eylül 2012 Tokat, Bildiri Kitabı Sayfa: 132-139.
- Başaran, A.A. 2012. Ülkemizdeki bitkisel ilaçlar ve ürünlerde yasal durum. *MİSED*, 27-28 : 22-26.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S. ve Telci, İ. 2010. Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin artırılması olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Bildiriler Kitabı-1, Ankara, s. 437-456,
- Baydar, H. 2016. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Isparta, Yayın No:51. 339s.
- Baytop, T. 1999. *Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün)*. Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul, 480s.
- Baytöre, F. 2011. Bazı çörek otu (*Nigella sativa* L.) populasyonlarının verim ve verim kriterlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 33s.
- Beyzi, E. 2018. Çörek otu bitkisinin (*Nigella sativa* L.) Kayseri ekolojik koşullarında verim ve kalite kriterleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14:245-248.
- Bıyık, N. 2018. Seçilmiş bazı çörek otu (*Nigella sativa* L.) populasyonlarının Tokat Niksar şartlarında performanslarının belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Tokat, 62s.

- Ceylan, A. 1996. *Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu Yağ Bitkileri)*. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayını No:481, s.283-286.
- Chan, K. 2003. Some aspects of toxic contaminants in herbal medicines. *Chemosphere*, 52(9):1361-71.
- D'Antuono, I. Filippo., Moretti, A., Lovato, A. and Antonio F.S. 2001. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* and *Nigella damascena*. *Industrial Oil Crops and Products*;(15):59-69.
- Ertaş, M.E. 2016. Tokat Kazova ekolojik koşullarında kışlık ve yazlık ekilen çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerinin agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tokat, 49s.
- Gürlük, S. ve Turan, Ö. 2008. Dünya Gıda Krizi: Nedenleri ve Etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 22 (1): 63-74.
- İlisulu, K. 1992. *İlaç ve Baharat Bitkileri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No :1256 Ders Kitabı No:360, Ankara.
- Keser, E. 2019. Çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerinin tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 52s.
- Kökçil, G., İlçim, A., Özbilgin, B. ve Uygun, C. 2006. Morphology and stem anatomy of some species of genus *Nigella* L. in Turkey. *Ankara Ecz. Fak. Derg.* 35 (1): 19-41.
- Kulan, E.G., Turan, Y.S., Gülmezoğlu, N., Kara, İ., ve Aytaç, Z. 2012. Kuru koşullarda yetiştirilen çörek otu (*Nigella sativa* L.)'nun bazı agronomik ve kalite özellikleri. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 13-15 Eylül, 2012, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tokat, s:177-181.
- Küçükemre, D. 2009. Çörek otunda (*Nigella sativa* L.) farklı sıra aralıkları ve ekim normlarının verim ve kalite özelliklerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 62s.
- Nergiz, C. and Otlar, S. 1993. Chemical composition of *Nigella sativa* L. seeds. *Food Chemistry*, 48: 259-261.
- Öğütçü, Z. 1979. Orta Anadolu koşullarında kışlık yetiştirilen kolza (*Brassica napus. ssp.oleifera* L.) çeşitlerinin verim ve kaliteye ilişkin karakterleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 717, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler 417, Ankara, 75s.
- Randhawa, M.A. and Al-Ghamdi, M.S. 2002. A review of the pharmaco-therapeutic effects of *Nigella sativa*. *Pakistan J Medicine Research*, 41: 77-83.
- Selicioğlu, M. 2018. Kırşehir-Boztepe ekolojik koşullarında bazı çörek otu popülasyonlarının bitkisel ve tarımsal özelliklerini belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniv., Fen Bilimleri Ens., Isparta, 36s.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J. 1981. *Principles and Procedures of Statistics. A biometric Approach*. 2nd Edition, Mc Graw Hill International Book Co., Singapore City.
- Şahin, A., Yener, Z., Dagoğlu, G., Dede, S., Oto, G. ve Alkan, M. 2003. Karbontetraklorid (CCl4) ile deneysel olarak karaciğer nekrozu oluşturulan ratlarda vitamin E + selenyum ve *Nigella sativa* (çörek otu)'nun karaciğer yıkımını engelleyici etkileri. *Turk Vet Anim Sci* 27: 141-152.

- Taqi, H. 2013. Bazı çörek otu (*Nigella sativa* L.) popülasyonlarının önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 79s.
- Tavas, N., Katar, N., ve Aytaç, Z. 2013. Eskişehir ekolojik koşullarında yetiştirilen çörek otu (*Nigella sativa* L.)'nda verim, verim özellikleri ve sabit yağ bileşenleri. II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu Bildiri Kitabı, 23-25 Eylül, Yalova, 623-629.
- Tektaş, E. 2015. Çörek otu (*Nigella sativa* L.)'nun verim ve bazı tarımsal özelliklerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 40s.
- Telci, İ. 1995. Tokat şartlarında farklı ekim sıklığının çörek otu (*Nigella sativa* L.)'unda verim, verim unsurları ve bazı bitkisel özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, GOÜ Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat, s:17-25.
- Tunçtürk, M., Tunçtürk, R. and Yıldırım, B. 2011. The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(2): 371-374.
- Turan, Z.M. 1995. *Araştırma ve Deneme Metotları*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, No:62, Bursa, 121s.
- Turan, Y. 2014. İki çörek otu genotipine (Çameli çeşidi, Bilecik popülasyonu) uygulanan farklı fosfor dozlarının verim ve kalite unsurları üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 62s.
- Türküzü, D. 2005. Van ekolojik koşullarında farklı azot dozları ve ekim zamanlarının çörek otu verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Van, 42s.
- Ürüşan, Z. 2016. Bazı çörek otu genotiplerinde tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 43s.





## Changes in Climate Parameters and Their Effects on Renewable Energy Resources Potential: Bursa Sample<sup>A</sup>

Aslı AYHAN ARSLAN<sup>1</sup>, Tuğba BİÇEN<sup>2</sup>, Ali VARDAR<sup>3\*</sup>

**Abstract:** In this study, the objective was to find at what rate Bursa province of Turkey, is affected by the climatic process called "climate change" and the impacts of climate change on the potential of renewable energy resources, especially solar energy and wind energy. As a result of analyzes, it is seen that there is significant warming between 1960 and 2017. Especially soil temperatures and solar radiation intensity support this result. As a result of this work, it was determined that the changes in climate parameters for the province of Bursa have significant effects on renewable energy potential. According to the results obtained, there has been an increase of 34.5% in the solar energy potential, of 8.2% in thermal solar energy potential and of 3.6%-6.7 in soil temperature potential depending on the depths. In the wind energy potential, there was a decrease of 75% between 1960-1998 and an increase of 217.1% between 1999-2017.

**Anahtar Kelimeler:** Climate change, temperature anomaly, renewable energy, solar energy, wind energy.

<sup>A</sup> No ethics commission permission is required in this manuscript.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>3</sup>Bursa Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Bursa, Turkey, E-mail: dravardar@uludag.edu.tr, [OrcID: 0000-0001-6349-9687](https://orcid.org/0000-0001-6349-9687)

<sup>1</sup> Bursa Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering (Agricultural Energy Systems), Bursa, Turkey, E-mail: aayhan@uludag.edu.tr, [OrcID: 0000-0003-0018-0825](https://orcid.org/0000-0003-0018-0825)

<sup>2</sup> Bursa Uludag University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biosystem Engineering (Agricultural Energy Systems), Bursa, Turkey, E-mail: bicentugba@gmail.com, [OrcID: 0000-0001-6826-2494](https://orcid.org/0000-0001-6826-2494)

**Atıf/Citation:** Ayhan Arslan, A., Biçen, T. ve Vardar A. 2021. Changes in Climate Parameters and Their Effects on Renewable Energy Resources Potential: Bursa Sample. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(1), 33 - 44.

## İklim Parametrelerindeki Değişiklikler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeline Etkileri: Bursa Örneği

**Öz:** Bu çalışmada, Türkiye'nin Bursa ilinin "İklim Değişikliği" adı verilen iklimsel süreçten ne oranda etkilendiği ve iklim değişikliğinin özellikle güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeline etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Analizler sonucunda 1960 ve 2017 yılları arasında önemli bir ısınma olduğu görülmektedir. Özellikle toprak sıcaklıkları ve güneş radyasyonu yoğunluğu bu sonucu desteklemektedir. Bu çalışma sonucunda, Bursa ili için iklim parametrelerindeki değişikliklerin yenilenebilir enerji potansiyeli üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, güneş enerjisi potansiyelinde %34.5, ısısal güneş enerjisi potansiyelinde %8.2 ve derinliklere bağlı olarak toprak sıcaklığı potansiyelinde %3.6-6.7 artış olmuştur. Rüzgar enerjisi potansiyelinde 1960-1998 yılları arasında %75 azalma ve 1999-2017 yılları arasında %217.1 artış gözlenmiştir.

**Keywords:** İklim değişikliği, sıcaklık anomalileri, yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi.

### Introduction

Thanks to the greenhouse effect, the earth's atmosphere created the environment in which living things can live. To protect and sustain this environment has extreme importance for the future of the lives of the living things and thus for the future of the lives of us, people. Despite this known reality, we are harming our atmosphere in the name of enhancing human well being and protecting and raising the technological level that we have reached today.

Nowadays, the science people predict that at the end of this century, if no measures are taken to reduce the greenhouse gas emissions that accumulate in the atmosphere, the earth's average temperature will increase by 2 °C due to climate change (Leggett 1991; Quaschnig 2011).

CO<sub>2</sub> accumulation in the atmosphere for 2008 is given at about 385 ppm, which represents an annual increase of 0.4% over the value of the 1750s. Also, methane and ozone gases level increased in the same period and reached 1.77 and 0.03 ppm levels respectively (Quaschnig 2010). The annual greenhouse gas index's CO<sub>2</sub> equivalent was 493 ppm in 2017. The accumulation of CO<sub>2</sub>, the most important greenhouse gas, in the atmosphere increased from approximately 280 ppm in the pre-industrial period to 405 ppm in 2017. Also, in the pre-industrial period, the accumulation of CH<sub>4</sub>, which was approximately 715 ppb, exceeded 1800 ppb in 2017 (Butler and Montzka 2018).

There has been seen an apparent and quick increase in world temperature averages, especially after the 1980s. This period corresponds to the period after the industrial revolution (Leggett 1991). Historical climate data show that such a rapid temperature increase has not occurred to date (IPCC 1990). According to IPCC 5



evaluation reports; because of the increase in average temperature and the irregularities in energy distribution, it has been concluded that there has been an increase in hot or cold weather waves, and in the intensity and frequency of precipitation and arid extreme weather events (IPCC 2013). Yashloğlu and İlhan (2018) point out that global warming and climate change continue to be key issues of current work because of their impact on animal and plant life in a particular region, and their regional effects should be considered in addition to the global effects.

These temperature changes, as it is known, directly or indirectly affect other climatic processes. Within this context, climatic events such as wind and precipitation are also changing. If we look at the issue regarding the energy sector; changes in temperature and solar radiation, wind speed, rainfalls also directly affect solar, thermal, wind, and hydroelectric energy production potential. As it is known, renewable energies are used as an energy source in the agriculture sector, as in many areas (Taşkın and Vardar 2016).

Predicting the future climate of Turkey is of great importance in terms of preventing or minimizing the effects of climate change (Görgülü et al. 2009). With this perspective, the main objective of this study is; to analyze the climatic parameters changes specific to the Bursa province and to reveal the potential effects of solar, thermal, wind, and hydraulic energy resources.

## **Regional Properties**

Turkey is located in a microclimate region that is observed in the western part of the subtropical zone lands and called the Mediterranean climate. The Mediterranean climate region carries the characteristics of both the polar (cold) and temperate zone, and the tropical (warm) zone (Dirican 1997, Vardar et al. 2011). Due to Turkey's geographic location, the country is affected by various pressure systems. Western and northwestern winds have strong effects on the west part of Anatolia. In the summer season, the Azores High-Pressure center results in continual winds from the north, particularly in the western regions (Vok 2015). The annualized average of the total solar radiation as well as the annual sunshine hours differs from one region to another, due to the variabilities in different geographical regions.

Considering the distribution of the industrialization in Turkey's geography, the region to the east of the Marmara Sea is noteworthy. Again, when the population distribution is analyzed, this region comes to the forefront. The provinces in this region are, particularly, Istanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, and Bursa. Bursa is the 4th most populated city in Turkey with a population of 2936803 (TÜİK 2018). In terms of power plants, thermal power plants and natural gas conversion plants are located in Bursa province. Bursa province was studied due to its importance in the industry in the region.

Bursa Metropolitan Municipality has made a commitment to reduce greenhouse gas emissions by 40% (per capita) in 2030 by signing the Covenant of Mayors, which is an entity within the European Union, in July 2016. In accordance with the decisions taken after the COP21 Paris negotiations held in 2015, the local governments to prepare Action Plan related to Climate Harmonization was required by the Covenant of Mayors Sustainable

Energy Action Plan. For this reason, the Bursa Metropolitan Municipality has prepared the "Climate Adaptation Action Plan" by revising the Bursa Climate Change Action Plan prepared in 2017 as part of the "Urban and Institutional Carbon Footprint Inventory and Bursa Climate Change Action Plan Preparation Project" (Busecap 2017). The greenhouse gas inventory distribution in Bursa province is shown in Figure 1.

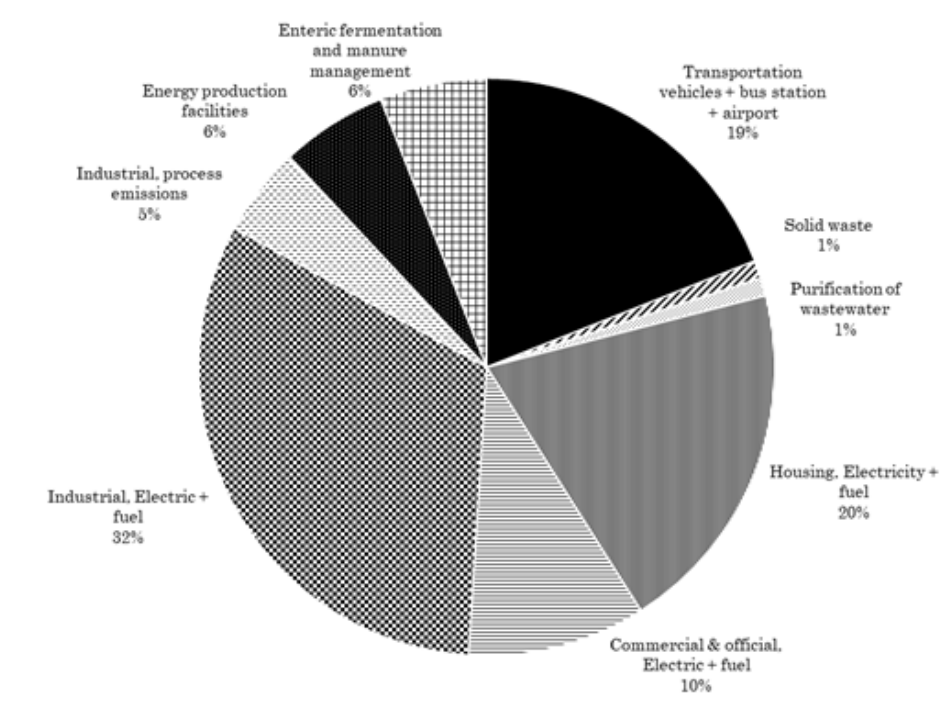


Figure 1: Bursa 2014 greenhouse gas inventor <(Busecap 2017)>

## Materials and Methods

The meteorological data used in this study cover 58 years between 1960 and 2017 (MGM 2018). In this study, meteorological measurements about sun, wind, soil, and rainfall made by Osmangazi meteorological station in Bursa province and data related to climate were evaluated.

Sulfur dioxide and particulate matter, and fill rate of dams data used in the study were obtained from Turkish Statistical Institute (TÜİK 2018) and General Directorate of State Hydraulic Works 1. Regional Directorate (DSİ 2018).

In the study, initially, the measurement values recorded in the meteorological stations on average on a daily basis were converted into monthly and annual average values. Then, with the help of annual averages, the overall average for long years was found and the overall annual average for long years from the difference of the annual average of every year was calculated (Soysal 1992).

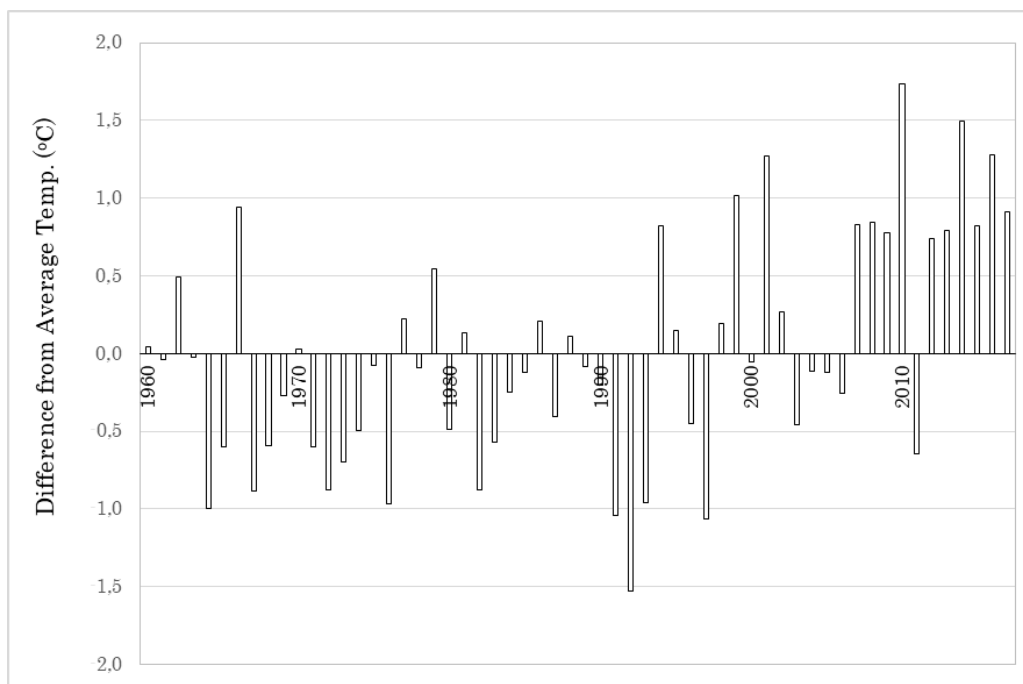
Wind speed values of 30 m from the ground were calculated considering that the stations made measurements at 10 m from the ground in the study. The relevant equation was used for the adaptation of wind speed to 30 m level from the ground (Klug 2001, Pelletier 2006).

In the statistical analyzes, the average monthly values for the 12 months of each year, annual averages, the differences of the annual averages from the general averages for long years, and the minimum and maximum values for each year are taken into consideration. The associations of these values with years were analyzed with the help of SPSS statistical program levels of 1% and 5%.

## Results and Discussion

In Bursa, the average annual temperature between 1960 and soil 2017 was 14.5°C. The temperature data has a direct influence on the thermal energy production potential. Within this context, the thermal energy potential increased by 25.4% from 1960 to 2017. Average temperature increased by 1.15°C in 58 years. This value means an average temperature increase of 0.2°C every 10 years. It is determined that May, June, July, August, and September, with the increase by years in annual average temperature and temperature anomalies are significant at a level of 0.01 in the correlation tests. Statistically, the thermal energy potential between 1960 and 2017 increased by 8.2% either.

In comparisons with measurement results from other stations, in order to remove the effect of position and height differences between the stations, instead of the direct temperature measurements, the deviation (anomaly) of the measurements from the average is used (Barlas 2013). Figure 2 shows the temperature anomalies.



**Figure 2:** Temperature anomalies

It is defended by researchers the atmosphere temperature is increasing by 0.3 °C every 10 years for 1990 to 2005 (IPCC 2007). NASA climate data show that temperatures in Bursa and nearby regions in the first half of 2016 are 2.5°C higher than average temperatures (Nasa 2016). Similar to Bursa data, IPCC estimates that by 2100 the average temperature in the world could increase by 1.8-4.0°C (IPCC 2007). Moss et al. (2000) reported that by 2030 the world temperature could be 1.2°C higher than today. In a study conducted by Caseldine et al. (2006) in Iceland, it was found that an increase of 1.5°C in air temperature occurred in July. In a study conducted by Türkeş (2001), it was reported that the global annual average temperature increased by about 0.7°C from 1900 to 1998.

When the annual averages were taken into consideration, the maximum soil temperature level in Bursa at 5, 10, 20, 50, 100 cm depth was observed in 2007 with 18.2°C, 2007 and 2008 with 17.9°C, 2008 with 17.7°C, 1966 with 17.7°C, and 1966 with 17.4°C, respectively. Monthly average temperature values measured in soil are shown in Table 1.

**Table 1.** Bursa average soil temperature (1960-2017)

Month	Soil Temperature (°C)				
	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
January	5.0 <sup>ns</sup>	5.1 <sup>ns</sup>	5.4 <sup>ns</sup>	6.9 <sup>ns</sup>	8.8 <sup>ns</sup>
February	6.1 <sup>ns</sup>	6.1 <sup>ns</sup>	6.2 <sup>ns</sup>	7.0 <sup>ns</sup>	8.2 <sup>ns</sup>
March	9.1 <sup>ns</sup>	9.0 <sup>ns</sup>	8.8 <sup>ns</sup>	8.9 <sup>*</sup>	9.3 <sup>*</sup>
April	14.7 <sup>ns</sup>	14.3 <sup>ns</sup>	13.7 <sup>ns</sup>	13.0 <sup>ns</sup>	12.2 <sup>ns</sup>
May	21.2 <sup>ns</sup>	20.5 <sup>ns</sup>	19.5 <sup>ns</sup>	18.0 <sup>ns</sup>	16.1 <sup>ns</sup>
June	26.8 <sup>ns</sup>	25.8 <sup>ns</sup>	24.8 <sup>ns</sup>	23.0 <sup>ns</sup>	20.4 <sup>ns</sup>
July	30.0 <sup>**</sup>	29.0 <sup>**</sup>	28.0 <sup>**</sup>	26.4 <sup>ns</sup>	23.7 <sup>ns</sup>
August	29.5 <sup>**</sup>	28.8 <sup>**</sup>	28.0 <sup>**</sup>	27.1 <sup>**</sup>	25.1 <sup>*</sup>
September	23.9 <sup>*</sup>	23.9 <sup>*</sup>	23.6 <sup>**</sup>	24.0 <sup>**</sup>	23.6 <sup>**</sup>
October	16.8 <sup>ns</sup>	17.1 <sup>ns</sup>	17.3 <sup>ns</sup>	18.6 <sup>ns</sup>	19.8 <sup>**</sup>
November	10.7 <sup>ns</sup>	11.0 <sup>ns</sup>	11.4 <sup>ns</sup>	13.3 <sup>ns</sup>	15.3 <sup>ns</sup>
December	6.5 <sup>ns</sup>	6.8 <sup>ns</sup>	7.3 <sup>ns</sup>	9.0 <sup>ns</sup>	11.3 <sup>ns</sup>
Average	16.7	16.4	16.2	16.3	16.2

<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: significant at p/0.05, and p/0.01, respectively. ns: not-significant

Soil temperature data directly affect the thermal energy production potential, especially regarding heat pump applications. When the data were examined from this point of view, an increase in the thermal energy potential in soil depth was observed. The increases in heat energy potential, which were calculated using the regression equation, were 3.6%, 4.9%, 6.7%, 5.0%, and 4.2%, respectively at 5, 10, 20, 50, and 100 cm soil depths.

In Bursa, solar energy value was calculated as 3.5 kWh m<sup>-2</sup>day and 1269 kWh m<sup>-2</sup>year using daily average values between 1960 and 2017. Sunlight intensity and duration were found to be 144.2 W m<sup>-2</sup> and 6.1 hours

day<sup>-1</sup>, respectively. According to GEPA (2018), the highest solar energy values of Bursa were observed in May, June, July, while the highest sunlight duration was observed in June, July, and August. Data about average solar energy, sunlight intensity, and sunlight duration are given in Table 2.

The average annual solar energy per m<sup>2</sup> increased by 370 kWh m<sup>-2</sup> year over 58 years. Proportionally, there was an increase of 34.5% in solar energy. The difference between the minimum and maximum solar energy values in 58 years was found to be 37.6%. In a study done by Solanki et al. (2004), it was reported that solar energy had a long-term increase since the 1700s. Öztürk (2005), reported the sunlight duration for the Marmara Region as 6.92 hours day<sup>-1</sup>. Also, the mean solar energy value in the same study was reported as 3.03 kWh m<sup>-2</sup>day, and annual sunlight intensity (intensity of solar radiation) was reported as 363 W m<sup>-2</sup>. The data analyzed for Bursa are parallel to other studies.

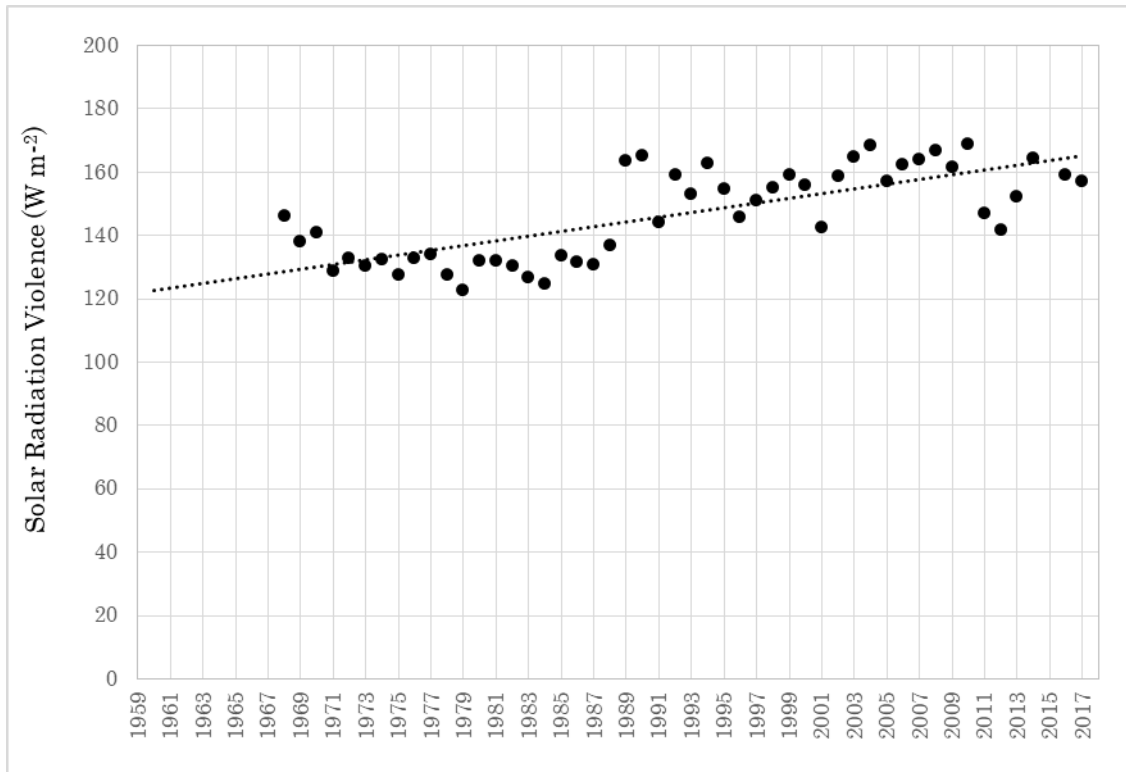
**Table 2.** Average of solar energy, sunlight intensity and sunlight duration (1960-2017)

Month	Daily Average			
	Solar Energy (kWh m <sup>-2</sup> day)	Solar Energy (kWh m <sup>-2</sup> years)	Solar Intensity (W m <sup>-2</sup> )	Sunshine Duration (hours day <sup>-1</sup> )
January	1.5	548	62.6	2.9
February	2.0	743	84.9	3.3
March	3.0	1078	123.0	4.1
April	4.0	1448	165.3	5.6
May	5.0	1827	208.5	7.7
June	5.7	2088	236.0	9.7
July	5.8	2099	233.1	10.5
August	5.1	1858	212.1	9.8
September	4.0	1468	167.6	7.7
October	2.6	966	110.3	5.4
November	1.8	639	72.9	4.1
December	1.3	471	53.8	2.9
Average	3.5	1269	144.2	6.1

The average solar radiation intensity has increased by 42 W m<sup>-2</sup> in 58 years. The difference between minimum and maximum solar radiation intensity values in 58 years was found to be 37.6%. Average sunlight duration decreased by 1.6 hours (22.24%) in 58 years. Several components affect the amount of solar radiation. These components can be listed as solar output, Earth-Sun distance, clouds, water vapor, air pollution, forest fires, volcanic ash, location, time of day and season. Due to the influence of these components, solar radiation intensity differs from year to year (Aksungur et al. 2013). In a study by Fröhlich and Lean (2004), it is stated that the energy emitted by the sun fluctuates in the long run. Solar energy and radiation intensity data measured by

the Bursa meteorological station also confirm this expression. Figure 3 shows the changes in annual average solar radiation intensity for the period 1968-2017.

The average annual wind speed in the 58 years period was between a minimum of  $3.9 \text{ m s}^{-1}$  (1998) and a maximum of  $7.3 \text{ m s}^{-1}$  (1963). While between 1960 and 1998, wind speeds showed a tendency to decrease, they showed a tendency to increase between 1999 and 2017. At this point, the years of 1998-1999 were the breaking points to increase the wind speed. As a general trend, it can be seen that the wind speed decreased by  $1.4 \text{ m s}^{-1}$ . However, according to 19 year tendency between 1999-2017, wind speed has shown an increase of  $2 \text{ m s}^{-1}$ . Proportionally, while there was a decrease of 22.2% in the 58 year general tendency, there was an increase of 45% in the 19 year tendency between 1999-2017. This unusual fluctuation in wind speed is thought to have originated from the national airport, which was located close to the wind measurement point and closed in 2001. Besides, it is considered that the structure occurring in the area is also effective.



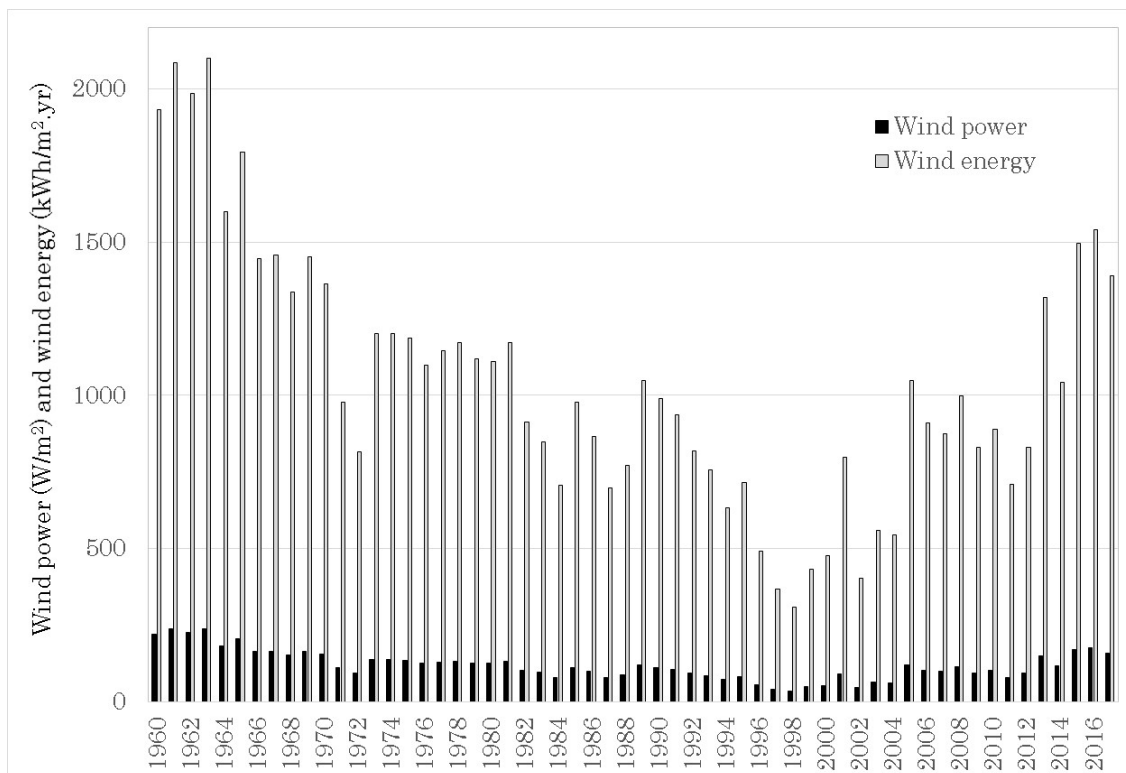
**Figure 3:** Annual radiation intensity values (1968-2017)

The wind energy potential between 1960 and 2017 decreased by 54.9% in general. However; statistically, there was a decrease of 75% in the wind energy potential between 1960-1998 while there was an increase of 217.1% in the wind energy potential between 1999 and 2017. This extreme variability in wind energy potential is also closely related to wind speed measurement results.

The wind speed has a direct effect on the wind power potential and the energy production potential. In this context, the minimum power potential in the unit area at the height of 30 m in the period of 1960-2017 was  $35.2 \text{ W m}^{-2}$ , and the maximum power potential was  $239.8 \text{ W m}^{-2}$ . The annual wind energy potential in the unit area was a minimum of  $308.3 \text{ kWh m}^{-2}\text{year}$  and a maximum of  $2100.2 \text{ kWh m}^{-2}\text{year}$  (Figure 4).

The lowest annual average pressure value in Bursa was 1002 hPa in 2010, and the highest average pressure value was 1006 hPa in 1989.

The average annual rainfall in Bursa during the 58 years period between 1960 and 2017 was 711.1 mm. The lowest annual average rainfall in Bursa was 446 mm in 1961, and the highest average rainfall was 1329 mm in 2010. Rainfall values and the fill rates of dams are effective factors on hydroelectric production potential. The decrease in water resources may cause a decrease in hydraulic energy supply in summer and a decrease in hydraulic potential over time. While statistically insignificant, the hydraulic energy potential showed an increase of 13.1%.



**Figure 4:** Change in wind power and wind energy potential per unit area (30 m)

The average  $\text{SO}_2$  in the winter months of Bursa was recorded as  $220 \mu\text{g m}^{-3}$  in 1991 while it decreased to  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  in 1995. This value decreased even further in the present (2017) below  $10 \mu\text{g m}^{-3}$ .

As the temperature and wind speed increase, SO<sub>2</sub> and total suspended particles are decreasing, while there is a direct relationship with relative humidity (Bridgman et al. 2002, Akpınar et al. 2006).

In the study examining the relationship between air pollutants measured in Bursa atmosphere was reported, low concentrations were observed in hot seasons usually (Erbaşlar and Taşdemir 2007).

## Conclusion

There was an increase of 34.5% in the solar energy potential, an increase of 8.2% in thermal solar energy potential and, depending on the depths, an increase of 3.6%-6.7 in soil temperature potential. In the wind energy potential, there was a decrease of 75% between 1960-1998 and an increase of 217.1% between 1999-2017. Hydroelectric potential, on the other hand, does not display variability despite the increase in average precipitation, due to fluctuations in fill rates of dams.

As a result of this study, it was demonstrated that climate change-related symptoms are also effective in Bursa and around it. Measures to be developed regarding technology, especially against greenhouse gas emissions originating from the industry, carry great importance in this context.

Replacing and/or converting thermal and natural gas power plants, with the clean and/or renewable energy plants will be a very important measure against climate change, particularly to reduce greenhouse gas emissions.

## Acknowledgment

No ethics commission permission is required in this manuscript. All authors participated in the conception of the topic. All authors read and approved the final manuscript after critically revising it for important content. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

The authors would like to thank “T.C. General Directorate of State Meteorological Affairs” for their contributions to the realization of this study.

## References

- Akpınar, E.K., Akpınar, S. and Oztop, H.F. 2006. Effects of Meteorological Parameters on Air Pollutant Concentrations in Elazığ, Turkey. *International Journal of Green Energy*, 3: 407–421. doi: 10.1080/01971520600873392.
- Aksungur, K.M., Kurban, M. and Filik Ü.B. 2013. Analysis and Evaluation of Solar Radiation Data in Different Regions of Turkey. *Energy Efficiency and Quality Symposium Proceedings Book (in Turkish)*.



- Barlas, N. 2013. Environmental Problems of Our Era From Global Crises to Sustainable Society. İstanbul, Boğaziçi University Press, (in Turkish).
- Busecap, 2017. Bursa Metropolitan Municipality Sustainable Energy and Climate Change Adaptation Plan. Accessed April 10, 2018 (in Turkish). [https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/Bursa\\_BUSECAP\\_2017.pdf](https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/Bursa_BUSECAP_2017.pdf)
- Butler, J.H. and Montzka, S.A. 2018. The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (aggi). Accessed: October 20, 2018. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>
- Bridgman, H.A., Davies, T.D., Jickells, T., Hunova, I., Tovey, K., Bridges, K. and Surapipith, V. 2002. Air Pollution in The Krusne Hory Region, Czech Republic During The 1990s. *Atmospheric Environment*, 36: 3375–3389. doi: 10.1016/S1352-2310(02)00317-5.
- Caseldine, C., Langdon, P. and Holmes, N. 2006. Early Holocene Climate Variability and The Timing and Extent of The Holocene Thermal Maximum (HTM) in Northern Iceland. *Quaternary Science Reviews* 25: 2314-2331. doi: 10.1016/j.quascirev.2006.02.003.
- Dirican, M. 1997. What's Happening Up There? *Journal of Science and Technology*, 355: 32-39 (in Turkish).
- DSİ 2018. General Directorate of State Hydraulic Works, 1st Regional Directorate (in Turkish).
- Erbaşlar, T. and Taşdemir, Y. 2007. The Relationships Among Classic Air Pollutants Measured in The Atmosphere of Bursa. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 12 (2): 9-19 (in Turkish).
- Fröhlich, C. and Lean J. 2004. Solar Radiative Output and Its Variability: Evidence and Mechanisms. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 12 (4): 273-320. doi: 10.1007/s00159-004-0024-1.
- GEPA 2018. Atlas of Solar Energy Potential. Accessed: April 10, 2018 (in Turkish). <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx>
- Görgülü, M., Koluman, D.N. and Göncü, S. 2009. Raising Livestock and Global Warming. V. National Animal Nutrition Congress. Accessed: March 19, 2018 (in Turkish). <http://www.muratgorgulu.com.tr>
- IPCC 1990. Working Group I Report "Climate Change: The IPCC Scientific Assessment." Accessed: April 24, 2018. [https://www.ipcc.ch/ipccreports/far/wg\\_I/ipcc\\_far\\_wg\\_I\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/ipccreports/far/wg_I/ipcc_far_wg_I_full_report.pdf)
- IPCC 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Working Group I: The Physical Science Basis. Accessed: April 24, 2018. [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/spmsspmp-projections-of.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspmp-projections-of.html)
- IPCC 2013. Working Group I Report "Climate Change 2013: The Physical Science Basis" Accessed: April 24, 2018. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)
- Klug, H. 2001. Basic Course in Wind Energy. İstanbul, Turkey: German Wind Energy Institute (DEWI).
- Leggett, J. 1991. Global Warming, Der Greenpeace Report. Piper GmbH&Co.KG, München.
- MGM 2018. Turkish State Meteorological Service, Ankara (in Turkish).
- Moss, A., Jouany J.P. and Newbold J. 2000. Methane Production by Ruminants: Its Contribution to Global Warming. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 49 (3):231-253. doi: 10.1051/animres:2000119.

- Nasa 2016. Global Mean Surface Temperature. Accessed: August 10, 2016. [https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a012300/a012305/gistemp\\_jan-jun16.png](https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a012300/a012305/gistemp_jan-jun16.png)
- Öztürk, H.H. 2005. Solar Radiation Exergy Changes in the Mediterranean Region. III. Renewable Energy Resources Symposium Proceedings Book, Mersin (in Turkish).
- Pelletier, J.D. 2006. Sensitivity of Playa Windblown-Dust Emissions to Climatic and Anthropogenic Change. *J. Arid Environ.*, 66:62–75. doi: 10.1016/j.jaridenv.2005.10.010.
- Quaschnig, V. 2010. Renewable Energies and Climate Protection. Hanser Verlag, München (in German).
- Quaschnig, V. 2011. Renewable Energy Systems. Hanser Verlag, München (in German).
- Solanki, S.K., Usoskin, I. G., Kromer, B., Schüssler, M. and Beer, J. 2004. Unusual Activity of The Sun During Recent Decades Compared to The Previous 11.000 Years. *Nature* 431: 1084-1087. doi: 10.1038/nature02995.
- Soysal M.İ. 1992. Principles of Biometry, Trakya University Tekirdag Agricultural Faculty Publication No: 95, Tekirdag (in Turkish).
- SPSS (version 23) 2015. Armonk, New York: IBM.
- Taşkın O. and Vardar A. 2016. Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı, *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 30(1): 179-184 (in Turkish).
- TÜİK 2018. Turkish Statistical Institute. Accessed 01 April 2018 (in Turkish). <http://www.tuik.gov.tr>
- Türkeş, M. 2001. Weather, Climate, Severe Weather Events and Global Warming. Turkish State Meteorological Service seminars in 2000, Technical Presentations. Series of Seminars 1:187-205, Ankara. Accessed: March 13, 2005 (in Turkish). <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/Havaiklim.pdf>
- Vardar, A., Darga, A. and Kurtulmuş, F. 2011. Local indications of climate changes in Turkey: Bursa as a case example. *Climatic Change* (2011) 106: 255–266. doi: 10.1007/s10584-010-9904-8.
- Vok, M.V. 2015. Renewable Energy Sources: Current Perspectives and Future Prospects in Turkey, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 37:1, 1-10, doi: 10.1080/15567036.2014.947447.
- Yaslıoğlu, E. and İlhan, H. 2018. Effects of Global Climate Changes on Broiler Production in Turkey: Case of The Marmara Region. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27:196-203.1990.



## Çiğ Süte Uygulanan Farklı Isıl İşlem Koşullarının Süzme Yoğurdun Randıman ve Kurumadde Üzerine Etkisi<sup>A</sup>

Engin YARALI<sup>1\*</sup>, Şevki ÇETİNER<sup>2</sup>

**Öz:** Araştırmanın amacı, inek sütüne süre sabit olacak şekilde farklı sıcaklık derecelerinde ısıl işlem uygulayarak, bu sütlerden elde edilen süzme yoğurtların randıman ve kuru maddesi üzerine ısıl işlemin etkisini araştırmaktır. Çalışma toplam 9 hafta sürmüştür ve piyasadan alınan çiğ sütlere sırası ile 85 °C (1-3. hafta), 80 °C (4-6. hafta) ve 75 °C (7-9. hafta) de sabit sürede (3 sn) ısıtma işlemi uygulanmıştır. Alınan çiğ sütler tartılarak miktar belirlenmiş ve bu sütlerde pH, SH, kuru madde, ısıl işlem ve inkübasyon süresi değerleri ölçülmüştür. Her parti yoğurt üretiminde elde edilen süzme yoğurtlar tartılarak miktar belirlenmiş ve ürünlerde toplam kuru madde ve pH değerleri kayıt altına alınmıştır. 75 °C, 80 °C ve 85 °C olarak uygulanan ısıl işlem derecelerine göre elde edilen süzme yoğurt randıman oranları sırası ile %28.41, %32.62 ve %39.45 olarak hesaplanmıştır. Isıl işlem derecelerine göre süzme yoğurt kuru madde oranı ise sırasıyla %20.52, %23.14 ve %19.07 dir. Araştırmada uygulanan ısıl işlem derecelerinin, süzme yoğurt randıman ve kuru madde üzerine etkisi önemli olarak bulunmuştur. Süt kuru maddesi, süzme yoğurt kuru madde ve randımanını önemli derecede etkilemiştir. Süzme yoğurt ve kuru madde açısından en verimli ısıl işlem derecesi 80 °C olarak ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Isıl İşlem, Çiğ Süt, Süzme Yoğurt, Randıman.

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Engin YARALI, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Çine Meslek Yüksekokulu, Çine, Aydın, Türkiye, [eyarali@adu.edu.tr](mailto:eyarali@adu.edu.tr) [OrcID 0000-0003-1525-0371](https://orcid.org/0000-0003-1525-0371)

<sup>2</sup> Şevki ÇETİNER, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Çine Meslek Yüksekokulu, Çine, Aydın, Türkiye, [sctiner@adu.edu.tr](mailto:sctiner@adu.edu.tr) [OrcID 0000-0002-0351-2760](https://orcid.org/0000-0002-0351-2760)

## The Effect of Different Heat Treatment of Raw Milk on Yield and Dry Matter of Concentrated Yogurt

**Abstract:** The aim of the study is to investigate the effect of heat treatment degrees of the cow's milk at different degrees on the yield and dry matter of the concentrated yogurts obtained from these milk. The study was continued a total of 9 weeks and raw milk taken from the market was heated at 85 °C (1-3 weeks), 80 °C (4-6 weeks) and 75 °C (7-9 weeks) at a fixed time, respectively. In each batch, the amount of raw milk was determined by weighing and pH, SH, dry matter, heating and incubation time values were measured. The concentrated yogurts obtained from each batch were weighed and the total dry matter and pH values of the products were recorded. Concentrated yoghurt yield rates calculated according to the heat treatment degrees applied as 75 °C, 80 °C and 85 °C were 28.41%, 32.62% and 39.45%, respectively. According to the heat treatment degree, the rate of concentrated yogurt dry matter were 20.52%, 23.14% and 19.07%, respectively. The effect of the heat treatment on the yield and dry matter of the strained yoghurt was found to be significant. The dry matter of milk has a significant effect on dry matter and yield of concentrated yogurt. The most efficient heat treatment degree for the yield and dry matter of concentrated yoghurt was 80 °C.

**Keywords:** Heat Treatment, Raw Milk, Strained Yogurt, Concentrated Yogurt Yield.

### Giriş

Çeşitli ülkelerde yoğurt ve benzeri fermente süt mamullerinin insan sağlığı açısından önemi kanıtlandıkça, yoğurt tüketimi ve buna bağlı olarak da üretimi artmaktadır. Ülkemizde üretilen sütün yaklaşık olarak %23'ü yoğurda işlenmekte ve yılda kişi başına 20 kg yoğurt tüketilmektedir. Yoğurdun raf ömrünü artırmak amacıyla su içeriğini azaltarak daha dayanıklı bir ürün olan "Konsantre Yoğurt" haline dönüştürmek, ülkemizde ve orta doğu ülkelerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Konsantre yoğurt ülkemizde "Torba Yoğurt" veya "Süzme Yoğurt" olarak ifade edilmektedir (Terin ve Yavuz, 2015). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği' ne göre konsantre fermente süt ürünleri; protein oranı fermantasyondan önce veya sonra en az %5.6 oranına yükseltilmiş süzme yoğurt veya torba yoğurdu, kış yoğurdu, labneh, tuzlu yoğurt, kurut gibi ürünler olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2009). Süzme yoğurdun 100 gramında ortalama olarak 9.8 g protein, 7.2 g karbonhidrat, 6 g yağ ve 240 mg kalsiyum bulunmaktadır. Süzme yoğurt kodekse uygun olmalı, üretimden sonra tüketiciye ulaşana kadar 4-6°C arasında muhafaza edilmelidir (Anonim, 1993; 2006; Akın; 2006Şimşek ve ark. 2010).

Ülkemizde işletmeye gelen çiğ sütlerin bileşimleri yöresel olarak farklılık göstermektedir. Çiğ süttten üretilen ürünlerde istenilen kuru madde ve yağ değerlerinin olması ve uygun bir ürün elde edilebilmesi için bu özelliklerde standardizasyonlar yapılması gerekmektedir. Isıl işlem, yoğurt teknolojisinde uygulanan en önemli işlem basamaklarından birisidir. Bu işlem, sadece yoğurt ve benzeri ürünlerin bakteriyolojik kalitesini

iyileştirmek açısından değil, aynı zamanda bu ürünlerin kendine has tekstürel özelliklerinin kazandırılması yönünden de önemlidir. Peynir ve içme sütü gibi ürünlerin üretiminde kullanılan sıcaklık-süre normları (72-75°C/15-30 saniye; 65-68°C/25-30 dakika veya 135-140°C/2-6 saniye) yoğurt üretimine uygunluk göstermemektedir. Bunun nedeni, yoğurt üretiminde karakteristik pıhtı stabilitesinin bu sıcaklık normlarında elde edilememesidir. Yoğurdun yapısını oluşturan serum proteinlerinin yapısında ısıtma işleminin etkisi ile birtakım değişimlerin olması istenmektedir. Serum proteinleri ısıtma işlemi sonunda denatüre olmakta ve değişime uğramış bu serum proteinleri ile tüm protein fraksiyonları arasında etkileşimler meydana gelmektedir. Bu olay, yoğurdun kendine has pıhtı yapısının elde edilmesinde etkili olmaktadır. Yoğurdun kendine özgü özelliklerinin kazandırılması için çiğ süte 70-90°C de bir ısıtma işlemi uygulanması gerekmektedir (Üçüncü, 2015). İlave olarak, yoğurt fermente bir üründür ve fermente ürünlerin faydalı bileşiklere sahip olmalarından kaynaklı fonksiyonel ve terapötik etkileri olduğu kabul edilmiştir. Bundan kaynaklı olarak fermente ürünlere küresel olarak artmış bir ilgi vardır (Karaçıl ve Acar Tek, 2013).

Isıtma işlemi koşulları, süt ürünlerinin hem bakteriyolojik hem de duyu ve kimyasal özellikleri üzerine etkili bir uygulamadır. Bu çalışmada ana hedef, 3 farklı ısıtma işlemi derecelerine ısıtılmış çiğ sütlerden geleneksel yollar ile elde edilen süzme yoğurtlarda, uygulanan bu farklı ısıtma işlemi derecelerinin ürünün randıman ve kuru maddesi üzerine etkilerini belirlemektir.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Süt ve Ürünleri Uygulama Birimi'nde yürütülmüştür. Çalışmada hammadde olarak kullanılacak olan inek sütleri, Aydın'ın Çine ilçesinde faaliyet gösteren firmalardan satın alınan ve farklı kuru madde ve asitlik değerine sahip inek sütleridir. Araştırma Şubat 2019 tarihinde başlamış ve 9 hafta devam etmiştir.

Çalışmada ilk üç hafta gelen çiğ sütler 85 °C, ikinci üç haftada gelen sütler 80 °C ve son üç haftada gelen sütler 75 °C de ısıtma işlemi uygulanmıştır. Isıtma işlemi için, Çine Meslek Yüksekokulu Uygulama Biriminde bulunan buhar kazanından sağlanan buhar kullanılmıştır. Çiğ süt belirtilen sıcaklıklara geldiğinde ısıtma işlemi sonlandırılmış ve geçen süre (gelen süt miktarı, istenilen son sıcaklık ve buhar verimine bağlı olarak) kaydedilmiştir. Isıtma işlemi tamamlanan süt çift cidarlı buharla çalışan kazanda eşanjör plakalı ısı değiştirici ile sabit sıcaklık olan 48 °C ye soğutulmuş ve aynı kazanda liyofilize yoğurt kültürü inoküle edilmiştir. Çalışmada ticari kültür kullanılmış olup kültür oranı %60 *Lactobacillus bulgaricus* ve %40 *Streptococcus thermophilus* ve ilave edilen kültür miktarı %2-3 dür. Kültür ilavesinden sonra pişirme kazanından inkübasyon dolabındaki 30 ve 40 ar litrelik çelik güğümlere gıda hortumu ile aktarılan inoküle edilmiş süt inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sıcaklığı 45-46 °C (*Lactobacillus bulgaricus* lehine) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bunun sebebi *Lactobacillus bulgaricus*' un proteolitik aktivitesinin daha yüksek olması ve inkübasyon süresinin kısa tutulması amaçlıdır. Inkübasyonun sonlandırılması pH kontrolü ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için inkübasyon dolabına yerleştirilen inoküle edilmiş süt numunesine pH metre cihazının probu yerleştirilmiş ve asitlik takip edilmiştir.

Ölçülen pH değeri 4.60 değerine geldiğinde inkübasyon işlemi sonlandırılmıştır. İnkübasyonunu tamamlamış ve taze yoğurt haline gelmiş olan ürün bekletilmeden 10 °C nin altında çalışan buzdolabına alınarak 12 saat süre ile soğutulmuştur. Sıcaklık kontrolü termometre ile takip edilmiştir. Soğutma işleminden sonra güğümlerdeki ürün, süzme bezleri kullanılarak 24 saat boyunca asılarak süzülmesi sağlanmış ve süzme yoğurt elde edilmiştir.

Çalışmada, her süt alımında çelik güğümler ile gelen sütler süt alım terazisi üzerinde bulunan metal süzgeçten geçirilerek temizliği sağlanmış ve miktarı kg olarak ölçülerek kaydedilmiştir. Her parti süttten, partiyi temsil edecek miktarda alınan süt örneği (100 ml) cam beher içine alınarak asitlik değerleri ölçülmüştür. Bunun için titrasyon asitliği ve pH metre kullanılarak pH değeri kaydedilmiştir. Titrasyon ile SH analizi için, iyice karıştırılmış süt numunesinden pipetle 25 ml. alınıp erlenmayere boşaltılmış ve başka bir pipetle 1 ml etil alkoldeki %2 lik fenolftalein belirteç çözeltisi ilave edilip karıştırılmıştır. Karışım, N/4 lük NaOH ile açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiş, harcanan NaOH miktarı okunmuş ve NaOH miktarının 4 katı, süt numunesinin Soxhlet Henkel (SH) cinsinden asitlik derecesi olarak hesaplanmıştır. pH ölçümü için, kalibre edilmiş pH metre cihazı kullanılmış ve pH metrenin süt ölçümü için uygun olan probu süt numunesine daldırılarak sonuç cihazın ekranında okunmuştur. Ölçümler 24-26 °C de yapılmış ve 6 defa tekrarlanarak ortalama değer alınmıştır (Metin, 2012).

Her parti süttten numune alınarak (5-7 ml) kuru madde tayini yapılmıştır. Kuru madde tespiti için her parti süttten alınan 6 numune, darası alınan nikel metal kurutma kaplarına aktararak hassas terazide ( $\pm 0.001$  g) tartılmıştır. Örnekler 105 $\pm$ 2 °C ye ayarlı etüvde 3 saat bekletilmiş ve sonrasında desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra örnekler tekrar etüve konularak yarım saat daha kurutulmuş ve tekrar tartılmıştır. Bu işlem son iki tartım arasındaki fark 0.05 g oluncaya kadar devam etmiştir. Son tartım dikkate alınarak kuru madde % olarak hesaplanmıştır (Demirci ve Gündüz, 1991).

Elde edilen süzme yoğurt örneklerinde ilk olarak toplam miktar (kg) belirlenmiştir. Süzme yoğurttan alınan numunelerde yapılan diğer analiz kuru madde miktarı tespitidir. Bunun için 6 farklı numune 5-6 şar g olacak şekilde alınarak, darası alınmış nikel metal kaplara ince bir film halinde yayılarak aktarılmış ve hassas terazide tartılmıştır. Örnekler 105 $\pm$ 2 °C ye ayarlı etüvde 3 saat bekletilmiş ve sonrasında desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra örnekler tekrar etüve konularak yarım saat daha kurutulmuş ve tekrar tartılmıştır. Bu işlem son iki tartım arasındaki fark 0.05 g oluncaya kadar devam etmiştir. Son tartım dikkate alınarak kuru madde % olarak hesaplanmıştır (Metin, 2012). Alınan süzme yoğurt örneğinde diğer bir analiz asitlik ölçümüdür. Bunun için pH metre cihazı kullanılmış ve cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra uygun prob, ürün numunesine daldırılarak cihazdan pH değeri okunmuştur. Ölçümler 11-12 °C de ve 6 şar defa yapılarak ortalama değer alınmıştır.

Çalışmada, üç farklı ısıl işlem derecesinin etkisi incelenmiş ve elde edilen veriler kaydedilmiştir. SPSS İstatistiksel Veri Analiz Yönteminden yararlanılarak bulguların belirtici istatistik değerleri ve standart sapmalar tespit edilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Araştırmada üzerinde durulan özelliklere ait istatistik veriler Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Ölçülen verilere ait istatistik ortalama değerler ve standart sapmalar

Özellikler	Isıl İşlem Derecesi		
	85 °C	80 °C	75 °C
Çiğ süt ortalama miktarı (kg)	223.50±42.00	198.50±0.50	197.67±3.79
Süzme yoğurt ortalama miktarı (kg)	88.41±18.74	64.75±4.95	56.17±4.47
Çiğ süt pişirme süresi ort.(dak.)	24.33±13.65	23.67±9.01	17.00±6.08
Çiğ süt kuru madde oranı ort. (%)	11.62±0.11	11.87±0.17	11.35±0.54
Çiğ süt SH değeri ort.	11.44±1.35	8.53±0.25	7.21±1.01
Çiğ süt pH değeri ort.	6.58±0.11	6.64±0.06	6.57±0.11
Süt inkübasyon süresi (saat) ort.	3.30±0.16	4.35±1.74	3.30±0.07
Taze yoğurt SH değeri ort. (inkübasyon sonu)	42.67±3.53	35.56±2.73	28.66±0.83
Taze yoğurt pH değeri ort. (soğutma işleminden sonra)	4.16±0.05	4.24±0.05	4.29±0.05
Süzme yoğurt kuru madde oranı (%) ort.	19.07±0.66	23.14±1.90	20.52±1.97
Süzme yoğurt pH değeri ort.	4.24±0.20	4.50±0.59	4.22±0.19

Çalışmada ilk üç hafta alınan ortalama süt miktarı 223.50 kg, elde edilen ortalama süzme yoğurt miktarı 88.41 kg dır. 85 °C ye ısıtılan bu sütlerde ortalama süt pişirme süresi 24.33 dak., ortalama süt kuru madde oranı %11.62, ortalama SH ve pH değerleri 11.44 ve 6.58 ve ortalama inkübasyon süresi 3.30 saattir. Bu sütlerden elde edilen ürün bazında taze yoğurt ortalama SH ve pH değerleri 42.67 ve 4.16 ve süzme yoğurt pH değeri 4.24 dür. İkinci üç haftalık periyotta alınan ortalama süt miktarı 198.50 kg, elde edilen ortalama süzme yoğurt miktarı 64.75 kg dır. 80 °C ye ısıtılan bu sütlerde ortalama süt pişirme süresi 23.67 dak., ortalama süt kuru madde oranı %11.87, ortalama SH ve pH değerleri 8.53 ve 6.64 ve ortalama inkübasyon süresi 4.35 saattir. Bu sütlerden elde edilen ürün bazında taze yoğurt ortalama SH ve pH değerleri 35.56 ve 4.24 ve süzme yoğurt pH değeri 4.50 dür. Son üç haftada alınan ortalama süt miktarı 197.67 kg, elde edilen ortalama süzme yoğurt miktarı 56.17 kg dır. 75 °C ye ısıtılan bu sütlerde ortalama süt pişirme süresi 17.00 dak., ortalama süt kuru madde oranı %11.35, ortalama SH ve pH değerleri 7.21 ve 6.57 ve ortalama inkübasyon süresi 3.30 saattir. Bu sütlerden elde edilen ürün bazında taze yoğurt ortalama SH ve pH değerleri 28.66 ve 4.29 ve süzme yoğurt pH değeri 4.22 dir.

Araştırmada çiğ süte uygulanan ısı işlem derecesinin elde edilen süzme yoğurt randımanı üzerine etkisi çok önemli olarak bulunurken ( $P<0.001$ ), ısı işlemin süzme yoğurt kuru madde üzerine etkisi önemli olarak ortaya çıkmıştır ( $P<0.05$ ) (Çizelge 2).



**Çizelge 2.** Süt pişirme sıcaklığının süzme yoğurt randıman ve kuru madde üzerine ait etkisi

Özellikler	Süzme yoğurt randıman (%)	Süzme yoğurt kuru madde (%)
	***	*
85 °C	39.45±0.883	19.07±0.659
80 °C	32.62±2.531	23.14±1.909
75 °C	28.41±2.160	20.52±1.971
Regresyon	*	**
Süt kuru madde (%)	0.050±0.015	0.147±0.034

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001

75 °C, 80 °C ve 85 °C olarak uygulanan ısı işlem derecelerine göre elde edilen süzme yoğurt randıman oranları sırası ile %28.41, %32.62 ve %39.45 olarak hesaplanmıştır. Isıl işlem derecelerine göre süzme yoğurt kuru madde oranı ise sırasıyla %20.52, %23.14 ve %19.07 dir. Buna göre en iyi süzme yoğurt randımanı 85 °C ye ısıtılan sütlerden elde edilirken, kuru madde oranı açısından en yüksek değer 80 °C ye ısıtılan sütlerden sağlanmıştır. Çalışmada yapılan analizde sütün kuru maddesinin süzme yoğurt kuru madde (P<0.05) ve randımanı (P<0.01) önemli derecede etkilediği ortaya çıkmıştır. Yine yapılan analizlerde diğer özelliklerin süzme yoğurt randıman ve kuru maddeyi önemli derecede etkilemediği belirlenmiştir.

Ülkemizde süzme yoğurt üretim teknolojisi ile ilgili çok az araştırma mevcuttur. Üniversitede yapılan bu araştırma sonuçlarının, farklı bölgelerde yapılan ve farklı ısı işlem derecelerinin uygulandığı diğer çalışmalar ile uyumluluk gösterdiği söylenebilir. İlaveten farklı süt tiplerinde, farklı inkübasyon pH ve farklı ısı işlem koşullarında yapılan çalışmalarda, bu koşulların elde edilen yoğurtların kimyasal kompozisyon ve diğer özelliklerinde önemli etki yarattığı bildirilmiştir (Medeiros ve ark., 2015; Bezie, 2019). Burdur ilinde süzme yoğurt üretim teknolojisine yönelik olarak yapılan bir çalışmada, dört farklı işletmeden alınan süt numunelerinde kuru madde oranı %10.79-%11.82 ve SH değerleri 5.92-7.86 arasında; bu sütlerden üretilen süzme yoğurtlarda toplam kuru madde %18.00-%26.96 ve SH 63.80-87.00 aralığında bulunmuştur. İşletmede çiğ sütlere 85 °C de 15-20 dak. ve 95 °C de 20 dak. ısı işlem uygulanırken, inkübasyon kış aylarında 36-50 °C de, yaz aylarında 43-50 °C de gerçekleştirilmiştir (Kırdar ve Gün, 2001). Yapılan başka bir çalışmada, Denizli satılan süzme yoğurtlardan 57 örnek alınmış ve bunların bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada yaz ve kış sezonu torba yoğurtlarının kuru madde içeriğinin %14.00 ile %31.67 arasında değiştiği görülmüştür. Aynı yoğurtlarda titrasyon asitliği %1.37 ile %2.41 arasında değişmiştir (Gökçe ve ark., 2001). Isparta ve Burdur illerinden toplanan 22 adet süzme yoğurt örneğinde yapılan başka bir çalışmada, örneklere ait kurumadde %17.84-27.72, titrasyon asitliği %0.78-2.00 ve pH 3.65-4.22 arasında bulunmuştur (Şimşek ve ark., 2010).

Farklı asitliklerdeki yoğurtlardan torba yoğurt üretimi şeklinde yapılan bir çalışmada, torba yoğurtlardaki asitliğin önemli derecede etkilendiği (P<0.05) görülmüş, torba yoğurtlarda ortalama pH değeri 3.60, kuru madde %17.24 ve yağ %5.08 olarak hesaplanmıştır (Şahan ve ark., 2004). Atamer ve ark. (1988), Ankara'da tüketime sunulan süzme yoğurtlarda yaptıkları çalışmada, toplam kurumaddeyi %19.41±3.12, pH'yı 3.52±0.13 ve



titrasyon asitliğini ise  $2.26 \pm 0.25$  süt asidi olarak belirlemişlerdir. Kırklareli ve civarında üretilen 26 adet yoğurt örneğinin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenerek Türk Gıda Kodeksi'ne uygunluğu açısından değerlendirildiği bir çalışmada ise, yoğurt örneklerinin pH değeri 3.90-5.25, laktik asit cinsinden asitlik değeri %0.10-1.88 arasında bulunmuştur (Çetin ve ark., 2014). Konya ilinde yapılan diğer bir çalışmada, 45 adet süzme yoğurt numunesi incelenmiş ve numunelerde kuru madde ve laktik asit cinsinde asitlik değerleri sırası ile %19.06 - %32.04 ve %1.53–%2.25 aralığında bulunmuştur (Tekinşen ve ark., 2008). Afyonkarahisar ili halk pazarlarında satışa sunulan süzme yoğurtlarda yapılan çalışmada, süzme yoğurt örneklerinde pH  $3.51 \pm 0.36$ , titrasyon asitliği  $2.09 \pm 0.11$ , yağ  $5.36 \pm 0.14$  ve kuru madde  $23.88 \pm 2.17$  olarak bulunmuştur (Akarca ve Tomar, 2019). Bu çalışmadan elde edilen süzme yoğurta ait özellikler yapılan çalışmalar ile uyumluluk göstermekle beraber, diğer çalışmalarda farklı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklere sahip sütlerin kullanılması doğal olarak sonuçlarında farklılaşmasına sebep olmuştur. İlaveten bu araştırma Çine Meslek Yüksekokulu uygulama biriminde üretilen süzme yoğurtlar ile yapıldığı için, üretim anlamında önemli bir çalışmadır.

## Sonuç

Süzme işleminden önce yoğurdun kuru madde içeriğinin yüksek olması, randımanlı ve kaliteli bir süzme yoğurt üretimi için önemlidir. Süzme yoğurta verimi etkileyen bir diğer husus süt türüdür. Bu anlamda en yüksek verim sırasıyla koyun, keçi ve inek sütlerinden elde edilmektedir. İlaveten, süzme işlemi esnasında pH değerinde düşüş olmakta, viskozite ise yükselmektedir. Türkiye'de süzme yoğurt üretiminde, bez torba içinde süzme işlemi en yaygın yöntemdir. Bu yöntemde klasik doğal yoğurt bez torbalar içine konularak genellikle  $10^{\circ}\text{C}$  sıcaklığındaki ortamlarda süzülme işlemi gerçekleştirilmektedir. Küçük ölçekli işletmelerde bu işlem oda ısısında da gerçekleştirilebilmektedir. Yoğurdun süzülme süresi, kullanılan bez torbaların özelliğine bağlı olarak değişmekle beraber genellikle 15-25 saat sürebilmektedir. Büyük işletmeler bu amaçla mekanik separatörler ile üretimi tercih etmektedir (Akın, 2006; Tekinşen ve ark., 2008; Üçüncü, 2015). Kaliteli bir süzme yoğurt üretimi için öncelikle çiğ süt kalitesinin yükseltilmeli ve kullanılan alet-ekipmanlar modernize edilmelidir. Piyasada süzme yoğurt üretimi için, kullanılan çiğ süte farklı ısı işlem koşulları uygulanmaktadır. Bu koşullarda yoğurt randıman ve kalitesi üzerine etkili olmaktadır. İlaveten süzme işleminde kullanılan bez torbaların muhakkak hijyenik olması gerekmektedir (Akın, 2006). Yapılan bu çalışmada geleneksel yolla bez torbalarda süzme yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Gelen çiğ süte yapılan ölçümlerde, bu sütlerin standart normlara ve ilgili tebliğe uygun olduğu görülmüştür. Üretim Üniversite bünyesinde ve hijyenik koşullarda gerçekleştirildiği için olası her türlü olumsuz durumlar giderilmiştir. Yine ölçümler kalibre edilmiş cihazlar ve standart metotlara göre yapılmıştır.

Türkiye'de süzme yoğurt üreticileri, randıman olarak 3 kg çiğ süttten 1 kg süzme yoğurt üretmek istediği söylenmektedir. Buna göre bu çalışmada uygulanan ve  $80^{\circ}\text{C}$  ısı işlem görmüş ve inkübasyon çıkış pH sı 4.60 olan süzme yoğurt üretiminde bu amaca ulaşılabilmektedir. Randıman ve kuru madde açısından bakıldığında bu derecenin daha uygun olduğu, çünkü sıcaklığın yüksek olması randımanı yükseltse bile süzme yoğurt kuru maddesini düşürdüğü gözlenmektedir. Yapılan olan bu araştırma, üretimi son yıllarda artan süzme yoğurdun

randıman ve kuru madde özelliklerini belirleyerek bu ürünün kalite özelliklerinin geliştirilmesine yardımcı olabilecek bazı bilgileri elde etmek amacıyla ele alınmıştır. Ayrıca bu araştırma, şu anda taslak halinde olan Türk Gıda Kodeksi, Fermente Süt ürünleri Tebliği'ne de katkı sağlayacaktır. Araştırma sonuçlarının bu konudaki açığı kapatacağını, özellikle süzme yoğurt üreticilerine ve bu konuda araştırma yapan diğer araştırmacılara da ışık tutacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Çalışmada Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinde' yer alan tüm kurallara uyulmuş ve yönergenin ikinci bölümünde yer alan "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler"den hiçbiri gerçekleşmemiştir. Çalışmada, süzme yoğurt üretimi ve yapılan analizlerde katkısı olan Öğr. Gör. Şevki ÇETİNER'e teşekkürlerimi sunarım.

## Kaynakça

- Akarca, G. ve Tomar, O. 2019. Afyonkarahisar ili semt pazarlarında satılan süzme (kese) yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Akademik Gıda*, 17(2): 212-216.
- Akın, N. 2006. *Modern yoğurt bilimi ve teknolojisi*. Selçuk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Gıda Mühendisliği Bölümü. Konya. ISBN: 9750059409, 9789750059407. 456 s
- Anonim. 1993. Yoğurt Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü. TS 10935. Ankara. <https://intweb.tse.org.tr/standard/> (Erişim tarihi: 05.05.2020).
- Anonim. 2006. Yoğurt. Türk Standartları Enstitüsü. TS 1330. Ankara. <https://intweb.tse.org.tr/standard/> (Erişim tarihi: 05.05.2020).
- Anonim. 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2009/25. Resmî Gazete. Sayı: 27143. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090216-8.htm> (Erişim tarihi: 05.05.2020).
- Atamer, M., Sezgin, E. ve Yetişemeyen, A. 1988. Torba yoğurtların bazı niteliklerinin araştırılması. *Gıda*, 13(4): 283-288.
- Beize, A. 2019. The effect of different heat treatment on the nutritional value of milk and milk products and shelf-life of milk products. A Review. *Dairy and Vet Sci J.*, 11(5): 555822. DOI: 10.19080/JDVS.2019.11.555822.
- Çetin, B., Atik, A. ve Karasu, S. 2014. Kırklareli'nde üretilen yoğurt ve ayanların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Akademik Gıda*, 12(2): 57-60.
- Demirci, M. ve Gündüz, H.H. 1991. *Süt teknoloğunun el kitabı*. Hasad Yayıncılık. Gıda Serisi 1. İstanbul.

- Gökçe, R., Çon, A. H. ve Gürsoy, O. 2001. Denizli’ de yaz ve kış mevsimlerinde üretilen torba yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7(1): 81-86.
- Karaçıl, M.Ş. ve Acar Tek, M. 2013. Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ilişkileri. *U.Ü. Ziraat Fak. Derg.*, 27(2): 163-173.
- Kırdar, S.S. ve Gün, İ. 2001. Burdur’ da süzme yoğurt üretimi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 26(2): 99-107
- Metin, M. 2012. *Süt ve mamülleri analiz yöntemleri*. Ege Üniversitesi Yayınları. Rektörlük Yayın No:9. ISBN: 978-975-97841-0-2.
- Medeiros, A.C., Souza, D.F. and Correia, R.T.P. 2015. Effect of incubation temperature, heat treatment and milk source on the yoghurt kinetic acidifation. *International Food Research Journal*, 22(3): 1030-1306.
- Şahan, N., Güven, M. ve Kaçar, A. 2004. Farklı asitliklerdeki yoğurtlardan torba torba yoğurdu üretimi ve netamisinin raf ömrü üzerine etkisi. *Gıda*, 29(1): 9-15.
- Şimşek, B., Gün, İ. ve Çelebi, M. 2010. Isparta yöresinde üretilen süzme yoğurtların protein profilleri ve bunların kimyasal özelliklerle ilişkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3): 208-213.
- Tekinşen, K.K., Nizamlıoğlu, M., Bayar, N., Telli, N. ve Köseoğlu, İ.E. 2008. Konya’ da üretilen süzme (torba) yoğurtların bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 24(1):69-75.
- Terin, M. ve Yavuz, F. 2015. Türkiye bölgeler arası optimum süt ve ürünleri akışı: spatial denge modeli. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 52(2): 207-217.
- Üçüncü, M. 2015. *Süt ve mamulleri teknolojisi*. Sidas Yayınları. İzmir. ISBN-10:9759895136





## Geliştirilmiş Anason Hatlarında Verim ve Kaliteyi Etkileyen Agronomik Morfolojik ve Fizyolojik Farklılıkların Belirlenmesi<sup>A</sup>

Gülsüm BOZTAŞ<sup>1\*</sup>, Emine BAYRAM<sup>2</sup>

**Öz:** Bu araştırma Bornova (İzmir) ekolojik koşullarında, farklı orijinli geliştirilen anason (*Pimpinella anisum* L.) hatlarında verim ve kaliteye etki eden agronomik, morfolojik ve fizyolojik farklılıkların belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme, E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Deneme Alanında 2017 yılı üretim sezonunda, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ele alınan 10 anason hattında morfolojik, agronomik ve kalite özelliklerinden bitki boyu, şemsiye çapı, toplam dal sayısı, meyveli dal sayısı, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi, bin tane ağırlığı, uçucu yağ oranının yanı sıra Oransal Büyüme Miktarı [OBM] ve Net Asimilasyon Oranı [NAO] gibi bazı büyüme parametreleri incelenmiştir. Anasonda büyüme parametreleri yavaş vejetatif dönem (çimlenme sonrası-çiçeklenme öncesi) ve hızlı vejetatif dönem (çiçeklenme öncesi-olgunlaşma) olmak üzere iki farklı fenolojik dönemlerde incelenmiştir. Araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; bitki boyu 43.00-48.40 cm, şemsiye çapı 6.71-8.76 cm, toplam dal sayısı 6.20-8.80 adet/bitki, meyveli dal sayısı 4.70-7.20 adet/bitki<sup>-1</sup>, biyolojik verim 130.54-180.55 kg da<sup>-1</sup>, tane verim 50,85-69.47 kg da<sup>-1</sup>, hasat indeksi %31.00-42.24, uçucu yağ oranı %1.83-2.58, bin tane ağırlığı 2.27-3.10 g arasında değişmiştir. En yüksek OBM 63.58 mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup> ve 84.58 NAO g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerleri hızlı vejetatif dönemde 3 No'lu genotipten elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Anason, *Pimpinella anisum* L., Agronomik ve teknolojik özellikler, Oransal Büyüme Miktarı (OBM), Net Asimilasyon Oranı (NAO), hat.

<sup>A</sup> Bu makale Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (EÜ-BAP) tarafından desteklenen 18-ZRF-017 No'lu projeden hazırlanmıştır. Proje Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Gülsüm Boztaş tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Gülsüm BOZTAŞ, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Bölümü Bornova-İzmir, Türkiye, [gulsumboztas@gmail.com](mailto:gulsumboztas@gmail.com) [OrcID 0000-0002-6424-6929](https://orcid.org/0000-0002-6424-6929)

<sup>2</sup> Emine Bayram Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bornova-İzmir, Türkiye, [emine.bayram@ege.edu.tr](mailto:emine.bayram@ege.edu.tr) [OrcID 0000-0001-5856-2637](https://orcid.org/0000-0001-5856-2637)

## Determination of the Agronomic, Morphological and Physiological Differences which Effected Yield and Quality in the Developed Anise Lines

**Abstract:** This research was carried out to explore agronomic, morphological and physiological differences, which effects yield and quality of anise breeding lines originated from Bornova (İzmir) ecological conditions. A field experiment was conducted in the experimental fields of Ege University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in completely randomized blocks design with three replications during 2017 growing season. In 10 anise genotype, agronomic, morphological and quality characteristics; plant height, umbrella diameter, total number of branches, fruit number of branches, biological yield, grain yield, harvest index, thousand grain weight, essential oil rate were determined whereas growth parameters; Relative Growth Rate (RGR) and Net Assimilation Rate (NAR) were calculated for different phenological periods (slow vegetative stage [(post-germination)-(pre-blooming)] and rapid vegetative stage [(pre-blooming)-(maturity)] of plants. According to the results of the research; plant height ranged between 43.00-48.40 cm while umbrella diameter 6.71-8.76 cm, total number of branches 6.20-8.80 branches plant<sup>-1</sup>, number of fruit branches 4.70-7.20 branches plant<sup>-1</sup>, the biological yield 130.54-180.55 kg da<sup>-1</sup>, the grain yield 50.85-69.47 kg da<sup>-1</sup> the harvest index 31.00-42.24%, the essential oil rate 1.83-2.58% and the 1000-grain weight 2.27-3.10 g respectively. The highest RGR 63.58 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and NAR 84.58 g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> values were recorded at rapid vegetative stage of line-3.

**Keywords:** Anise, *Pimpinella anisum* L., agronomic and technological properties, essential oil rate, Relative Growth Rate (RGR), Net Assimilation Rate (NAR), line.

### Giriş

Anason, tıbbi olarak ve içerdiği besin maddeleri ile önem taşıyan, *Apiaceae* (*Umbelliferae*) familyasına ait bir türdür. *Apiaceae* familyası dünyada yaklaşık olarak 450 cins ve 3700 tür ile temsil edilmektedir (Pimenov and Leonov 1993). Türkiye de *Pimpinella* cinsine bağlı 26 tür (8 endemik), 5 alttür ve 4 çeşit olmak üzere 31 takson vardır (Güner et al., 2012; Cinbilgel et al., 2015). Anason kelimesinin kökeni Yunancada yer alan “*aniemi*” sözcüğünden gelmektedir. İçerdiği tat ve kullanım şekli ile tıbbi ve aromatik bitkiler içerisinde yer alan anason tohumları (meyveleri), kendisine has kokusu ile baharat olarak, etken madde içeriği ile farmakolojide önemli droglar arasında değerlendirilmektedir. Anason (*Pimpinella anisum* L.)’un anavatanının neresi olduğu bilinmemekle birlikte Suriye, Mısır, Yunanistan, Ege adaları, Kıbrıs, ve Türkiye olabileceği kanısı yaygındır (Ceylan, 1997). İlk olarak Mısır’da tanımlanmış olan *Pimpinella anisum* L., Doğu, Orta ve Batı Rusya, Orta ve Güney Avrupa, Suriye ve Kıbrıs’ta yayılış göstermektedir (Davis, 1972). Çok eski yıllardan beri Doğu Akdeniz ülkelerinde kültürü yapılan anason, uygun yetiştirme koşullarına sahip sıcak iklimlerde örneğin; Türkiye,

İspanya, İtalya Balkan Ülkeleri, Orta–Güney Amerika ve Hindistan’da yetiştirilmektedir (Melchior and Kastner, 1974).

Anason meyvelerinde %1.5-5 uçucu yağ bulunmaktadır. Uçucu yağın ana bileşeni bir fenilproponoid olan trans–anetol’dür (Tabanca et al., 2005). Anasonun kendine has kokusu ve tatlımsı tadı trans-anetol’den kaynaklanır. Uçucu yağın bir diğer önemli bileşiği, anasona koku veren fakat acı bit tat içeren madde metil-kavikol (estragol)’dür (Ceylan, 1997). Ayrıca anason tohumlarında bulunan sabit yağın da özellikle Latin Amerika Ülkelerinde ticari bir öneme sahip olduğu ve kullanıldığı bilinmektedir (Korkut, 1994). %23 yağ ve %18 protein içeriği ile anason küspesi (Hoppe, 1975)’e göre hayvan yemi olarak da tüketilir (Başer, 1997).

Anasonun tohumlarından elde edilen uçucu yağ (Oleum Anisi T.K.), farmakolojik olarak önemli droglar arasında yer almaktadır. Eczacılık başta olmak üzere gıda endüstrisi, parfümeri ve kozmetik alanlarında kullanılmaktadır (Baytop, 1984; Ceylan, 1987; Akgül, 1993; Ross, 2001). Anason uçucu yağı ilaç olarak; gaz giderici (karminatif), hafif balgam söktürücü (ekspektoran), idrar arttırıcı (diüretik) olarak kullanılmalarının yanı sıra antiseptik ve spazm çözücü (antispazmodik) özelliklere sahiptir (Bown, 2001, Kreydiyyeh et al. 2003). Mide rahatsızlıklarını (mide bulantısı, nefes darlığı, astım) tedavi edici etkisi vardır (Zeybek ve Zeybek, 1994). Tıbbi kullanımına ilaveten, anason meyveleri ve uçucu yağı gıda sektöründe; ekmek, kurabiye, şeker; kozmetik sektöründe ise diş macunu gibi ürünlere katılarak kullanılmaktadır. Ayrıca farklı aromatik kokuya sahip olan uçucu yağı da bazı alkollü içecekler için; Türk içkisi: Rakı, Yunan içkisi: Ouzo ve Fransız likörü: Anisette, Pastis ve Pernod gibi içkilere tat vermek amacıyla belli oranlarda katılmaktadır (Hänsel et al., 1999). Ayrıca aromatik özelliklerinden dolayı Amerikan tütün ürünlerinde de bulunur (Şengül, 1994; Özgüven, 2001; Özgüven et al., 2005).

Önemli bir anason yetiştiricisi olan Türkiye dünya çapında yaklaşık 40 ülkeye anason dış satımı gerçekleştirmektedir. Üretilen anasonun ihracattaki payı yaklaşık olarak %75’tir. Anason ihracat değeri 2012 yılında 6 milyon 323 bin ABD doları iken, 2018 yılında bu değer %64.8 artarak 10 milyon 284 bin ABD dolarına yükselmiştir. Türkiye’nin anason ithalatı ise yıllara göre artış ve azalış göstererek dalgalı bir seyir izlemektedir. Anason dış alım değerleri 2012 yılında 1750 ton ve 3 milyon 562 bin ABD doları iken, 2018 yılında 3.612 ton ve 6 milyon 589 bin ABD dolarına yükselmiştir Anason ithalatımızın büyük bir kısmı Suriye’den karşılanmaktadır (Comtrade, 2019; Boztaş ve Bayram, 2020).

Ülkemizde anason üretim ve ekim alanları yıldan yıla istikrarlı bir seyir izlememekle birlikte başta Burdur, Denizli, Antalya, Muğla, Afyon, Bursa olmak üzere Konya, Balıkesir, Eskişehir, Uşak, İzmir, Kütahya, Ankara illerimiz sınırları içinde tarımı yapılmaktadır. Türkiye anason üretimi 2018 yılı verilerine (Tüik, 2019) göre toplam 124.455 dekar alanda, 8.664 ton olarak gerçekleşmiş olup, verim ortalaması 70 kg da<sup>-1</sup>’dir. 2018 yılı anason üretimi yapan iller değerlendirildiğinde, üretim miktarı bakımından Burdur (3.432 ton), Denizli (1.464 ton) ve Muğla (1000 ton) ilk üçte yer alırken, en fazla üretim alanına sahip iller Burdur (53.999 dekar), Denizli (21.863 dekar) ve Afyon (11.064 dekar) olarak belirlenmiştir. Anason üretimi yapılan iller arasında en düşük üretim alanı ve miktarına sahip iller ise Kütahya (10 dekar; 1 ton) ve İzmir (50 dekar; 2 ton)’dir (Tüik, 2019).

Ülkemizde uzun yıllardır tarımı yapılan bitkiler içerisinde yer alan anason bitkisinin üretim alan ve miktarında zaman içerisinde azalma eğilimi görülmektedir. Burada anasonun hala popülasyon olarak üretilmesi, çiftçinin kalitesi yüksek ve verimli sertifikalı tohumluk bulamaması, üretimin genel olarak küçük aile işletmeciliği şeklinde yapılması, üretim tekniği, gübrelemesi ve zirai mücadelesi gibi konularda yeteri kadar bilgiye sahip olamaması gibi birçok faktör (Bayram, 1992) halen önemli rol oynamaktadır. Bu sorunların çözülmesinde kaliteli tohumluk kullanımı en önemli konulardan biridir. Çeşit geliştirmeye yönelik olarak agronomik özellikleri iyi, verim ve uçucu yağ oranları yüksek tiplerin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Ayrıca agronomik ve teknolojik özelliklerin belirlenmesinin yanında, fizyolojik çalışmalar özellikle bitkilerin farklı fenolojik dönemlerdeki bitki büyüme parametrelerinin incelenmesi ve bu özelliklerin bitki morfolojisi ile olan ilişkilerinin saptanması da güncel konulardan biridir.

Bu çalışmada, bölge için çeşit geliştirme ve tescil çalışmasından elde edilen yeni hatların verim, kalite ve bazı tarımsal özelliklerini belirlenmesinin yanında, bitkinin farklı fenolojik dönemlerdeki bazı bitki büyüme parametrelerini incelenerek bitkinin fizyolojisi hakkında bilgi üretmek amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Deneme Tarlalarında 2017 yetiştirme döneminde Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede özel sektör (ihraç materyali), Denizli, İzmir, İspanya ve Suriye orijinli anason popülasyonlarından fenotipik tekrarlamalı seleksiyon yöntemi ile elde edilen 10 farklı anason hattı araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Deneme materyali olarak kullanılan anason hatlarının orijinleri Çizelge 1’ de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Deneme materyali olarak kullanılan anason hatlarının orijinleri

Hat No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hatların Kökeni/Temin Edildiği Yer	Çavdır (Denizli)	Çeşme (İzmir)	Suriye			Özel Sektör				Madrid (İspanya)

Deneme toprağının bünyesinin killi-tınlı yapıda, tuzluluğun bitki yetiştiriciliği açısından sorun teşkil etmediği ve hafif alkali bir yapıya sahip olduğunu, azot ve fosforca orta potasyumca zengin olduğu saptanmıştır (Sönmez, 2015). Araştırma alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2’ de sunulmuştur.



**Çizelge 2.** Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Sönmez, 2015)

Toprak Derinliği	Kum	Mil	Kil	N%	P (pmm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	OM(%)*	Ph
0-20 cm	24.72	32.56	42.72	0.101	0.4	400	5400	20	13.6	1.130	8.2
20-40 cm	32.72	30.56	36.72	0.123	0.4	300	5100	20	16.2	1.150	7.8

\*Organik Madde

Denemenin yürütüldüğü yıl ve uzun yıllara ait iklim verileri Çizelge 3’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.** Denemenin yürütüldüğü yıl ve uzun yıllara ait iklim verileri

İklim Faktörleri	Yıllar	Aylar												Ort.
		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	
Sıcaklık (°C)	2017	6.7	10.8	13.4	16.4	21.5	26.3	29	28.6	24.5	18.5	13.5	11.8	18.4
	1938-2016	8.8	9.5	11.5	15.8	20.7	25.5	28	27.6	23.6	18.7	14.1	10.4	17.9
														<b>Top.</b>
Yağış (mm)	2017	283.7	45	122.7	20.3	45.7	3.3	0	0.1	0	61.3	62	110.7	754.8
	1938-2016	131.2	102.5	75.8	46.2	31	9.9	1.7	2.9	13.9	43.6	93.5	143.7	695.9

Denemenin yürütüldüğü İzmir ili Ege bölgesinin batısında 12.007 km<sup>2</sup>’lik yüz ölçümüne sahip (37° 45’ ve 39° 15’ Kuzey paralelleri ile 26° 15’ ve 28° 20’ Doğu meridyenleri) , 2 m rakımında, Akdeniz iklimi etkisi altındadır. İl genelinde sıcaklığın Mayıs ayından itibaren artış gösterdiği, en yüksek değerine 29°C ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık Ocak ayında (6.7°C) ulaşmıştır. Araştırma yılı içerisinde en yüksek yağış 283.7 mm ile Ocak ayında, en düşük yağış miktarı (0 mm) Temmuz ve Eylül aylarında gözlemlenmiştir. İzmir ilinde uzun yıllara ait sıcaklık ortalaması 17.9 °C 'dir. Aylık en yüksek sıcaklık 28 °C ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık 8.8 °C ile Ocak ayında ölçülmüştür. Uzun yıllar (1938-2016) gözlem sonuçlarına göre yıllık toplam yağış 695.9 mm olmasına karşın, yıl içindeki dağılımı düzensizdir.

Deneme alanı, klasik toprak işleme yöntemine göre hazırlanmış ve parselasyonu yapılmıştır. Denemede parsel boyutları 1.2x3 m, sıra arası 40 cm ve bloklar arası mesafe 1 m olarak belirlenmiştir. Toplam deneme alanı 12 m x 11 m =132 m<sup>2</sup>’dir. Ekim işlemi 31 Ocak 2017 tarihinde dekara 2 kg tohumluk miktarı hesabıyla açılan her sraya eşit miktarda uygulanmış, her parsel 3 sıradan oluşacak şekilde, ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Gübreleme dekara 6 kg saf azot ve 8 kg saf fosfor olacak şekilde yapılmıştır. Sulama, bitkinin ihtiyacına ve yağış koşullarına bağlı olarak, salma sulama şeklinde 3 kez uygulanmıştır. Yabancı ot mücadelesi: yüzeysel çapa, boğaz doldurma ve hasat öncesi çapalama işlemleriyle birlikte yürütülmüştür. Denemede yapılan kültürel işlemlere ait gözlem ve tarihleri Çizelge 4’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.** Denemede yapılan kültürel işlemlere ait gözlem ve tarihleri.

Kültürel İşlemlere Ait Gözlemler	Tarih	Vejetasyon Dönemi
Ekim	31.01.2017	
Gübreleme	31.01.2017	ekim ile birlikte
Çıkış	8.03.2017	–
Yabancı Ot Temizliği ve Sulama	12.04.2017	bitkiler 10-15 cm boylandığında
	8.05.2017	çiçeklenme öncesi
	3.06.2017	tam çiçeklenme dönemi
Çiçeklenme	8.05.2017	çiçeklenme başlangıcı
	3.06.2017	çiçeklenme sonu
Hasat	11.07.2017	tanelerin olgunlaştığı dönem
	18.07.2017	

## Denemede İncelenen Özellikler

### Morfolojik, Agronomik ve Teknolojik Özellikler

Hasat öncesi her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 bitki örneğinde; bitki boyu (cm), şemsiye çapı (cm), toplam dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>), meyveli dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerleri ölçülmüştür. Tam olgunluk dönemine gelen bitkiler 11.07.2017 (3, 4, 5, 10 Nolu hatlar) ve 18.07.2017 (1, 2, 6, 7, 8, 9 Nolu hatlar) tarihlerinde hasat edilmiş, selektör (eleme/ayırma makinası) yardımıyla harmanlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Her parseldeki kenar tesirleri alındıktan sonra tüm bitkiler tartılarak biyolojik verim (kg da<sup>-1</sup>) ve tane verimi (kg da<sup>-1</sup>) değerleri hesaplanmıştır. Hasat indeksi (%) dekara dane verimi hesaplandıktan sonra biyolojik verime oranlanıp 100 ile çarpılarak bulunmuştur. Bin tane ağırlığı değerleri (g) her parselde 4 kez 100 adet tane sayıldıktan sonra ağırlıkları hassas terazide ölçülmüş ve ortalamaları 10 ile çarpılarak hesaplanmıştır. Her parselden alınan tohum örneklerinde yabancı maddeler temizlenmiştir. Temizlenen tohumlardan (bütün tane) alınan 10 gr örneğe 100 ml (10 katı) su eklendikten sonra 3 saat kaynamaya bırakılmış ve uçucu yağ oranı % milimetre/gram (ml/g) volümetrik olarak hesaplanmıştır (Wichtl, 1971).

### Fizyolojik Özellikler

Oransal Büyüme Miktarı (RGR-Relative Growth Rate): Ele alınan anason hatlarının farklı fenolojik [**yavaş vejetatif dönem** (çimlenme sonrası-çiçeklenme öncesi) ve **hızlı vejetatif dönem** (çiçeklenme öncesi-tohum olgunluğu)] dönemleri dikkate alınarak her parselde seçilen 5 bitki örneği 105°C'de 24 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru madde miktarları belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile oransal büyüme miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$RGR = \ln W_2 - \ln W_1 / T_2 - T_1 \text{ (mg g}^{-1} \text{ gün}^{-1}) \quad (1)$$

W<sub>2</sub>-W<sub>1</sub>: İki dönem arasındaki kuru ağırlık artışı (g)

T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>: İki dönem arasında geçen gün sayısı (g)

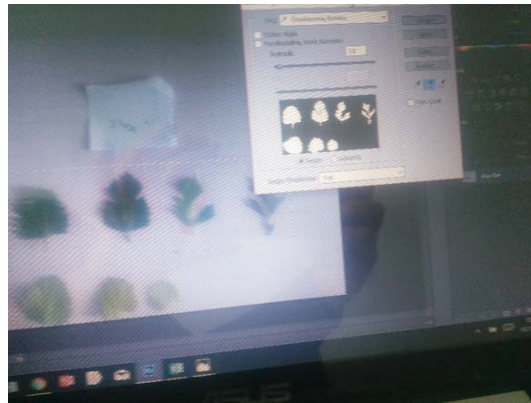
Net Asimilasyon Oranı ( NAR-*Net Assimilation Rate* ): Yaprak alanın birim zamanda oluşturabildiği kuru madde miktarıdır. Anason hatlarının farklı fenolojik [**yavaş vejetatif dönem** (çimlenme sonrası-çiçeklenme öncesi)] ve **hızlı vejetatif dönem** (çiçeklenme öncesi-tohum olgunluğu)] dönemleri dikkate alınarak her parselde seçilen 5 bitkide yaprak alanı ölçülmüş daha sonra 105°C'de 24 saat etüvde kurutularak kuru madde miktarları belirlenmiştir. Her dönem sonunda alınan yaprak örnekleri A4 boyutunda milimetrik kağıt üzerine dizilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Yaprak alanları photoshop programı kullanılarak taranmış ve Yaprak Alan İndeksi (LAI) hesaplanmıştır (Şekil 1). Net asimilasyon oranları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$NAR = W_2 - W_1 / T_2 - T_1 \times \ln LAI_2 - \ln LAI_1 / LAI_2 - LAI_1 \text{ (g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}) \quad (2)$$

W<sub>2</sub>-W<sub>1</sub>: İki dönem arasındaki kuru ağırlık artışı (g)

T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>: İki dönem arasında geçen gün sayısı (gün)

LAI<sub>2</sub>-LAI<sub>1</sub>: İki dönem arasındaki yaprak alan farkı (m<sup>2</sup>)



Şekil 1. Photoshop programı ile yaprak alanı ölçümünden bir görünüm

Araştırmadan elde edilen sonuçlar Ege Üniversitesi Tohum Teknoloji Merkezi tarafından geliştirilen TOTEM STAT istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Farklılıklar F testi ile belirlenmiş ve ortalamalar LSD testine göre karşılaştırılmıştır. Her özellik için elde edilen değerlere varyans analizi uygulanmıştır (Açıkgöz vd., 2004).

## Bulgular ve Tartışma

### Morfolojik, Agronomik ve Teknolojik Verilere Ait Bulgular

Anason hatlarında incelenen agronomik, morfolojik ve kalite özelliklerine ait Varyans Analiz Tablosu “Hata Kareler Ortalaması” değerleri Çizelge 5’ de verilmiştir.

Denemede incelenen özellikler; bitki boyu, şemsiye çapı, toplam dal sayısı, meyveli dal sayısı, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi, 1000 tane ağırlığı ve uçucu yağ oranına ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Meyveli dal sayısı dışında hatlar arasında %1 düzeyinde önemli fark olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Anason hatlarında incelenen agronomik, morfolojik ve teknolojik özelliklerine ilişkin ortalama değerler Çizelge 6’te verilmiştir.

### Bitki Boyu (cm)

Çizelge 6’da görüldüğü gibi hatlara ait ortalama bitki boyu uzunluğu 46.49 cm’dir. Anason hatları arasında bitki boyu bakımından en yüksek değeri (48.40 cm ile) 3 nolu hattan elde edilirken onu 1, 6, 5 ve 7 nolu hat takip etmiştir. En kısa bitki boyu değeri ise 2 nolu (43 cm ile) hattan elde edilmiştir. Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında, farklı anason (*Pimpinella anisum* L.) ekotiplerinin bazı verim ve teknolojik özelliklerini incelediği araştırma sonucunda bitki boyu değerlerini 40.1-45.1 cm, Doğramacı (2005), Aydın ekolojik koşullarında, farklı gübre uygulamalarının, anason çeşit ve ekotiplerinin verim ve kalitesi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada; bitki boyunu 36.1-47.0 cm, Arslan et al. (1999) Ankara koşullarında yürüttüğü çalışmada 44.2-58.9 arasında değiştiğini; Özel ve Demirbilek (2000)’in Harran Ovası (Urfa) koşullarında yürüttükleri çalışmada ise 35.43-36.17 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonunda elde ettiğimiz bitki boyu değerleri Bayram (1992), Özel ve Demirbilek (2000) ve Doğramacı (2005)’nin bildirdiği sonuçlara göre yüksek, Arslan et al. (1999)’a göre düşük bulunmuştur. Yapılan araştırmalarda bitki boyu değerleri açısından görülen bu değişimin, denemelerin farklı ekolojik koşullarda yürütülmesi ve tohumluk materyali olarak farklı genotiplerin kullanılmasından kaynaklandığı söylenebilir.

### Şemsiye Çapı (cm)

Çizelge 6 incelendiğinde hatlara ait şemsiye çapı değerleri istatistiki olarak farklı gruplarda yer almıştır. En yüksek şemsiye çapı değeri 1 nolu genotipten (8.76 cm), en düşük değer ise 6.71 cm ile 4 nolu genotipten elde edilmiştir. Hatlara ait ortalama şemsiye çapı uzunluğu ise 7.43 cm’dir. 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu hatların şemsiye çapı bakımından aynı grup içerisinde yer aldığı görülmektedir. Acimovic et al. (2014), Sırbistan koşullarında 3 ayrı lokasyonda farklı gübre uygulamalarının anason (*Pimpinella anisum* L.) üzerine etkilerini incelediği araştırmada, şemsiye çapının 5.9-6.6 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonunda elde ettiğimiz değerler Acimovic et al. (2014)’ın bildirdiği değerden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 5. Denemede incelenen agronomik ve morfolojik özelliklere ait Varyans Analiz Tablosu "Hata Kareler Ortalaması" değerleri

Varyans Kaynağı	S.D	Bitki Boyu (cm)		Şemsiye Çapı (cm)	Toplam Dal Sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )	Meyveli Dal Sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )	Biyolojik Verim (kg da <sup>-1</sup> )	Tane Verim (kg da <sup>-1</sup> )	Hasat İndeksi (%)	1000 Tane Ağırlığı (g)	Uçucu Yağ Oranı (%)
		1	2								
Tekrar	2	3,26	0,08	0,67	0,72	45,90	32,56	4,83	0,00	0,02	0,02
Hata	9	8,69**	0,08**	2,57**	1,62 <sup>ns</sup>	1023,96**	82,15**	48,63**	0,17**	0,15**	0,15**
Hata	18	1,17	0,07	0,36	0,82	100,17	13,04	5,28	0,00	0,01	0,01
V.K (%)		2,32	3,55	8,03	16,33	6,28	6,31	6,34	0,39	5,06	5,06
** : önemli %1 alfa seviyesinde ns: önemsiz											

Çizelge 6. Anason hatlarında incelenen agronomik, morfolojik ve teknolojik özelliklerine ilişkin ortalama değerler

Para.	Birim	Hat No										LSD (0,01)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Ort.						
BB	cm	47,93	ab	43	e	48,40	a	47,80	abc	48	ab	46,60	abc	46,50	bc	44,53	de	46,49	1,85
ŞÇ	cm	8,76	a	7,40	b	7,17	b	7,29	b	7,55	b	7,35	b	7,26	b	7,60	b	7,43	0,45
TDS	adet bitki <sup>-1</sup>	8,60	ab	7,60	bcd	6,46	ef	7,30	de	7,35	de	8,80	a	6,40	ef	7,50	cd	7,46	1,03
MDS	adet bitki <sup>-1</sup>	5,80		5,50		5,30		6,30		5,30		7,20		4,70		5,37		5,55	Ö.D
BV	kg da <sup>-1</sup>	180,55	a	158	bc	130,57	e	137,50	de	138,50	de	175,75	a	153,65	cd	174,66	ab	159,31	17,16
TV	kg da <sup>-1</sup>	57,92	bcd	55,54	bede	54,75	cde	56,70	bede	50,85	e	69,47	a	58,50	bc	61,13	b	57,22	6,19
Hİ	%	32,05	ef	35,07	de	42,24	a	41,27	ab	36,78	cd	39,50	abc	38,04	bcd	35,18	de	36,25	3,94
BTA	g	2,77	b	2,41	g	2,35	h	2,27	i	2,53	f	2,61	d	2,78	b	2,65	c	2,60	0,02
UYO	%	1,83	d	2,11	c	2,38	b	2,06	a	2,03	c	2,13	c	2,06	c	2,18	c	2,17	0,18

BB: Bitki Boyu, ŞÇ: Şemsiye Çapı, TDS: Toplam Dal Sayısı, MDS: Meyveli Dal Sayısı, BV: Biyolojik Verim, TV: Tane Verimi, Hİ: Hasat İndeksi, BTA: Bin Tane Ağırlığı, UYO: Uçucu Yağ Oranı, ÖD: Önemli Değil.

### **Toplam Dal Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)**

Çizelge 6 incelendiğinde hatlar arasında bitki başına toplam dal sayısı 6.20 ile 8.80 arasında değişim göstermiştir. Toplam dal sayısı ortalama değeri ise 7.46 (adet bitki<sup>-1</sup>) olarak elde edilmiştir. Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında farklı anason ekotipleri üzerinde yürüttüğü araştırmada toplam dal sayısı değerlerini 6.7-7.4 adet bitki<sup>-1</sup>, farklı ekolojilerde yürütülen diğer çalışmalarda araştırmacılar, bitkide toplam dal sayısının 5.0-7.3 adet bitki<sup>-1</sup>, (Doğramacı, 2005), 5.6-7.2 adet bitki<sup>-1</sup> (İpek et al., 2004) 1.2-4.1 adet bitki<sup>-1</sup> (Özel, 2009) arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışma sonuçlarına göre elde ettiğimiz toplam dal sayısı değerleri Bayram (1992)'ın bildirdiği alt sınır değerinden düşük, üst sınır değerinden ise yüksektir. İpek et al. (2004) ile Doğramacı (2005)'nin bildirdiği değerlere göre ise yüksek sonuçlar vermiştir. Yapılan araştırmalarda toplam dal sayısı değerlerinde görülen bu varyasyonun iklimsel, bölgesel ve yetiştirme uygulamalarının farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### **Meyveli Dal Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)**

Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, meyveli dal sayısı yönünden hatlar arasındaki fark önemli bulunmamıştır (Çizelge 5). Bununla birlikte en yüksek meyveli dal sayısına 7.20 adet bitki<sup>-1</sup> ile 7 nolu hattın, en düşük meyveli dal sayısına ise 8 nolu (4.70 adet bitki<sup>-1</sup>) hattın ulaştığı saptanmıştır (Çizelge 5). Hatlara ait meyveli dal sayısı ortalaması 5,55 adet/bitki olarak belirlenmiştir. Aksin (2000), Diyarbakır ekolojik koşullarında iki yıl süreyle (1998-1999), üç anason ekotipi (İzmir, Gölhisar, Burdur) ve farklı ekim zamanı (20 Ekim, 20 Kasım, 20 Aralık, 20 Ocak) uygulamalarının araştırıldığı çalışma sonucuna göre; meyveli dal sayısı 2-6.8 (adet bitki<sup>-1</sup>), Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında, farklı sıra arası ve tohumluk miktarı uygulamalarının anason (*Pimpinella anisum* L.) ekotiplerinin bazı verim ve kalite özellikleri üzerine olan etkilerini incelediği araştırmada meyveli dal sayısının 4.8-5.5 (adet bitki<sup>-1</sup>) arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlar Aksin (2000) ve Bayram (1992)'ın bildirdiği sonuçlardan yüksek bulunmuştur.

### **Biyolojik Verim (kg da<sup>-1</sup>)**

Çizelge 6'da görüldüğü gibi istatistiksel olarak 1, 4, 7, 9 ve 10 nolu hatlar aynı grupta yer almıştır. En yüksek biyolojik verim değerine 1 nolu hat (180.55 kg da<sup>-1</sup>) ulaşmış, 7 (175.75 kg da<sup>-1</sup>) ve 4 (175.50 kg da<sup>-1</sup>) nolu hatlar onu takip etmişlerdir. En düşük biyolojik verim değeri 130.57 kg da<sup>-1</sup> ile 3 nolu hattın elde edilmiştir. Çizelgede hatlara ait biyolojik verim ortalamasının ise 159.31 kg da<sup>-1</sup> olduğu görülmektedir. Biyolojik verim açısından elde edilen sonuçlar incelendiğinde Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında yürüttüğü araştırma da biyolojik verimin 121.1-142.2 kg da<sup>-1</sup> arasında, İpek et al. (2004), Ankara koşullarında yürüttüğü araştırma sonucunda biyolojik verimi 190.3-352.7 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu veriler, bizim elde ettiğimiz sonuçlar

ile karşılaştırıldığında Bayram (1992)'ın bildirdiği değerlerden yüksek, İpek et al. (2004)'ın sonuçlarından düşük bulunmuştur.

### **Tane Verimi (kg da<sup>-1</sup>)**

Tane verimine ilişkin ortalama değerler incelendiğinde, en yüksek tane verimi 7 nolu hattın elde edilmiş, bu değer 69.47 kg da<sup>-1</sup> olarak ölçülmüş ve istatistiksel bakımdan diğer hatlardan farklı bulunmuştur. İstatistik olarak 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu hatlar aynı grupta yer almakla beraber en düşük tane verimine 6 nolu (50.85 kg da<sup>-1</sup>) hat sahip olmuştur (Çizelge 6). Hatlara ilişkin genel ortalama tane veriminin ise 57.22 kg da<sup>-1</sup> olduğu görülmektedir. Aloghareh et al. (2013), İran ekolojik koşullarında tane veriminin 56.6-73.4 kg da<sup>-1</sup>, arasında; Yıldırım, (2010), 27.02-32.52 kg da<sup>-1</sup> arasında, Bayram, (1992), 44.7-57.8 kg da<sup>-1</sup> arasında, Doğramacı, (2005) 30.4-114.5 kg da<sup>-1</sup>; Özel (2009) 44,00-112,80 kg/da, arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz değerler, Doğramacı (2005)'ın bildirdiği alt sınır değerinden yüksek, üst sınır değerinden düşük bulunmuştur. Bayram (1992) ve Yıldırım (2010)'ın elde ettiği sonuçlara göre ise yüksek sonuç vermiştir. Aloghareh et al. (2013)'ın bildirdiği alt sınır değeri ile uyumlu, üst sınır değerinden ise düşük bulunmuştur. Tane veriminde görülen bu varyasyon da farklı ekolojik koşulların ve kullanılan tohumluğun etkili olduğu düşünülmektedir.

### **Hasat İndeksi (%)**

Çizelge 6 incelendiğinde hasat indeksi bakımından hatlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Hasat indeksi değerleri %31-42.24 arasında değişmiştir. En yüksek hasat indeksi 3 nolu hattın elde edilmiştir. Ortalama hasat indeksi %36.25 olarak hesaplanmıştır. Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında, farklı sıra arası ve tohumluk miktarı uygulamalarının anason (*Pimpinella anisum* L.) ekotiplerinin bazı verim ve kalite özellikleri üzerine olan etkilerini incelediği çalışmada hasat indeksinin %36.3-40.7, farklı gübre dozları ve ekim yöntemi uygulamalarının etkisini araştırdığı aynı tez çalışmasındaki ikinci denemede ise hasat indeksinin %38.6-42.6 arasında değiştiğini bildirmiştir. Elde ettiğimiz sonuç Bayram (1992)'ın ifade ettiği alt sınır değerlerinden düşük, üst sınır değerleriyle uyumlu olmuştur.

### **Bin Tane Ağırlığı (g)**

Çizelge 6'ı incelediğimizde hatlar bin tane ağırlıkları bakımından istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Tane ağırlıkları değerlendirildiğinde genel ortalama 2.60 g olarak hesaplanmıştır. 10 nolu hattın en yüksek değere (3.10 g) sahip olduğu ve en düşük bin tane ağırlığına ise 2.27 g ile 4 nolu hattın ulaştığı görülmektedir. Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında incelediği çalışmada bin tane ağırlığını 2.3- 2.6 g, Yıldırım (2010), Tekirdağ koşullarında farklı Türk anason genotiplerinin adaptasyonu ile ilgili yaptığı

çalışmasında bin tane ağırlığını 2.6-3.6 g, Şahin (2013), Konya ekolojik koşullarında, anasonun bin tane ağırlığını 1.9-2.7 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Doğramacı (2005), Aydın koşullarında yürüttüğü çalışmasında bin tane ağırlığını 2.1-2.8 g olarak tespit etmiştir. Bu sonuçlar ile elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında Bayram (1992)'ın alt sınır değeri ile uyumlu, üst sınır değerinden yüksektir. Yıldırım (2010)'ın değerlerinden düşük, Şahin (2013) ve Doğramacı (2005)'nin bin tane ağırlıklarına göre yüksek sonuç vermiştir.

## Uçucu Yağ Oranı (%)

Çizelge 6 incelendiğinde, en yüksek uçucu yağ oranının 4 nolu (%2.58 ile) hattan, en düşük uçucu yağ oranının ise %1.83 ile 1 nolu hattan elde edildiği görülmektedir. Uçucu yağ oranına ait genel ortalama değer ise %2.17'dir.

Tayşi et al. (1977), Bornova koşullarında, farklı orijine sahip (İspanya, Çeşme ve Isparta) anason popülasyonlarında (*Pimpinella anisum* L.) farklı ekim zamanı (Kasım, Şubat ve Mart) uygulamalarının verim ve kalite üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada, en yüksek uçucu yağ oranını Çeşme (%2-2,5), en düşük değeri ise Isparta (%1,6) popülasyonunda tespit etmişlerdir. Bayram (1992), Bornova ekolojik koşullarında, farklı sıra arası ve tohumluk miktarı uygulamalarının anason (*Pimpinella anisum* L.) ekotiplerinin bazı verim ve kalite özellikleri üzerine olan etkilerini incelediği çalışmada, uçucu yağ miktarının %2.1-2.8; Farklı ekolojilerde yürütülen diğer çalışmalarda İpek et al. (2004) %2.09-3.11; Yıldırım (2010), %2.4-3.9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucu elde ettiğimiz uçucu yağ değerleri Tayşi et al. (1977)'nin bildirdiği değerlerden yüksek, Bayram (1992) ve Yıldırım (2010)'ın bildirdiği sonuçlardan ise düşük bulunmuştur. İpek et al. (2004)'ın alt sınır değerleriyle uyumlu ve üst sınır değerlerinden düşük bulunmuştur. Uçucu yağ oranında görülen bu farklılıkların nedeninin ise bölgesel, ekolojik ve genotip farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

## Fizyolojik Verilere Ait Bulgular

Bitki büyüme parametreleri (Oransal Büyüme Miktarı (OBM-RGR), Bitki Büyüme Miktarı (BBM-CGR), Yaprak Alanı Oranı (YAO-LAI), Net Asimilasyon Oranı (NAO-NAR)]; bitkinin gelişiminin başlamasıyla birlikte belli zaman aralıklarıyla bitkinin kuru madde miktarında ve yaprak alanındaki değişimleri ortaya koymaktadır. Daha sonra bu hesaplamalardan yola çıkarak bitki verimiyle olan ilişkileri incelenmektedir. Araştırmamızda bu büyüme parametrelerinden OBM ( $\text{mg g}^{-1} \text{gün}^{-1}$ ) ve NAO ( $\text{g m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) incelenmiştir. Anason hatlarında incelenen fizyolojik özelliklere ait varyans analiz tablosuna ait "Hata Kareler Ortalaması" değerleri Çizelge 7'de verilmiştir.



**Çizelge 7.** Anason hatlarında incelenen fizyolojik özelliklere ait varyans analiz tablosuna ait “Hata Kareler Ortalaması” değerleri

Varyans Kaynağı	S.D	Oransal Büyüme Miktarı		Net Asimilasyon Oranı	
		Yavaş Gelişme Dönemi	Hızlı Gelişme Dönemi	Yavaş Gelişme Dönemi	Hızlı Gelişme Dönemi
		(mg g <sup>-1</sup> gün <sup>-1</sup> )		(g m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )	
Tekrar	2	7,70	2,54	5,13	54,49
Hat	9	324,09**	852,21**	115,7**	1739,91**
Hata	18	5,36	14,07	3,68	18,24
V.K (%)		9,82	10,23	16,87	10,77
** : önemli %1 alfa seviyesinde					

Denemede incelenen fizyolojik özellikler, yavaş gelişme ve hızlı gelişme dönemlerindeki oransal büyüme miktarı ve net asimilasyon oranı değerleri için varyans analiz sonuçları verilmiştir. Ele alınan anason hatları arasında %1 düzeyinde önemli fark olduğu görülmektedir.

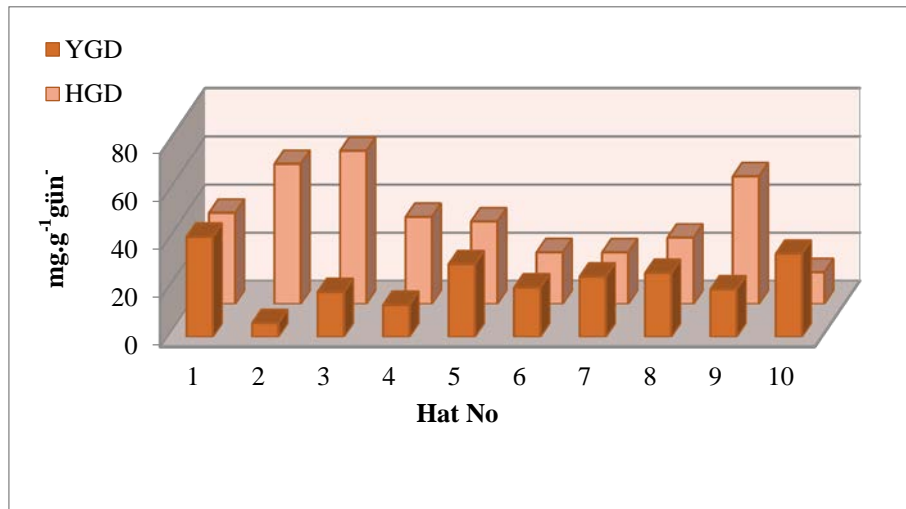
### Oransal Büyüme Miktarı (mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>)

Bitki büyüme analizleri, bitki büyümesi ve üretkenliğinin araştırılmasında standart bir yaklaşım olarak düşünülmektedir (Wilson, 1981). Büyüme analizleri üzerine yapılan çalışmalar bize sadece bitkinin kuru maddeyi nasıl biriktirdiğini anlatmakla kalmaz, aynı zamanda bir bitkiye tek başına veya popülasyon içinde az ya da çok üretken olabildiği durumları da ortaya çıkartmaktadır (Ahad, 1986). Thakur and Patel (1998), net asimilasyon oranı (NAO) ve oransal büyüme miktarında (OBM) kuru madde üretiminin, daha yüksek tane verimini yansıttığını bildirmişlerdir. Bornova lokasyonunda anason (*Pimpinella anisum* L.) hatlarının oransal büyüme miktarına ortalama ilişkin değerleri Çizelge 8’de verilmiştir.

**Çizelge 8.** Anason hatlarının oransal büyüme miktarına ilişkin ortalama değerleri

Hat No	Yavaş Gelişme Dönemi		Hızlı Gelişme Dönemi	
	(mg g <sup>-1</sup> gün <sup>-1</sup> )			
1	41.53	a	37.86	c
2	5.68	g	58.14	ab
3	18.51	e	63.58	a
4	13.25	f	36.15	c
5	30.20	c	34.27	c
6	20.47	e	21.47	d
7	25	d	21.44	d
8	26.53	cd	27.57	d
9	19.75	e	53.01	b
10	34.52	b	13.19	e
Ort.	23.55		36.66	
LSD	3.97		6.43	

Çizelge 8 de görüldüğü üzere anason hatlarında yavaş gelişme dönemine (YGD) ait ortalama OBM 23.55 mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>, hızlı gelişme dönemine (HGD) ait ortalama ise 36.66 mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>, olarak ölçülmüştür. 63.58 mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>, değer ile 3 nolu hat hızlı gelişme döneminde en yüksek sonucu vermiştir. En düşük OBM 2 nolu (5.68 mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup> ile) hattan elde edilmiştir. En yüksek oransal büyüme miktarına hızlı gelişme döneminde (çiçeklenme öncesi-olgunlaşma) 3 nolu hat sahip olmuştur. En yüksek verim değerine sahip 7 nolu hat, her iki gelişme döneminde de stabil kalarak en az değişim göstermiştir. Diğer hatların hepsi yavaş gelişme döneminde çok düşük, hızlı gelişme döneminde ise artışa geçerek daha hızlı bir gelişme sürdürmüştür. 7 nolu hattın sahip olduğu bu özelliğin, verimin daha yüksek olmasına neden olabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 2.** Anason hatlarının oransal büyüme miktarına ilişkin ortalama değerleri

Şekil 2’de en yüksek oransal büyüme miktarının hızlı gelişme döneminde (HGD) 3 nolu hattan elde edildiği görülmektedir. En düşük oransal büyüme miktarını ise yavaş gelişme döneminde (YGD) 2 nolu hat vermiştir. Zehtab-Salması et al. (2001), Tebriz’de sera koşullarında farklı sulama seviyeleri (%20, 40, 60, 80, 100) ve ekim zamanı uygulamalarının anason (*Pimpinella anisum* L.)’un uçucu yağ miktarı ve verimi üzerine etkilerini incelediği araştırmada OBM değerleri (sırasıyla %20-%100 kullanılabilir su kaynağı seviyelerinde) 40-65 mg g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Elde ettiğimiz OBM sonucu ile Zehtab-Salması et al. (2001)’in üst sınır değeri ile uyuşmaktadır.

### Net Asimilasyon Oranı (g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup>)

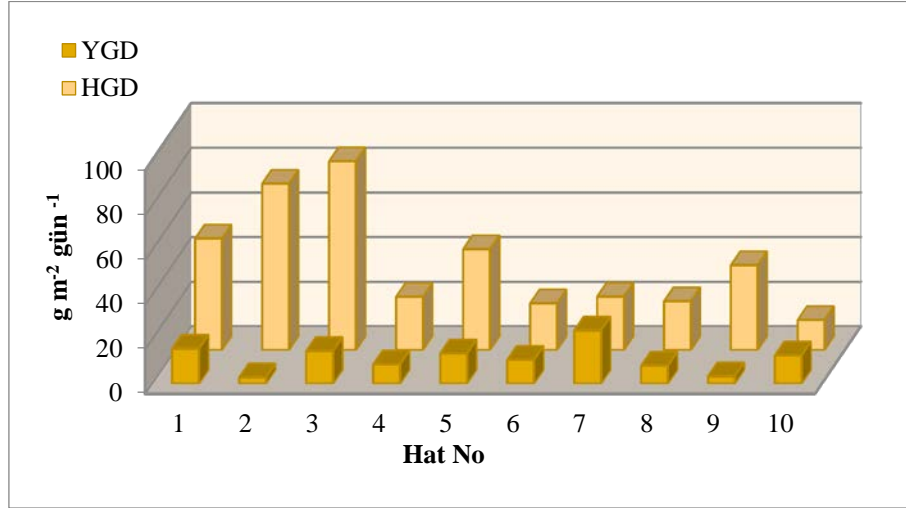
Bitki yetiştiriciliğinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ilk olarak çimlenme ve sonrasında devam eden fizyolojik süreçler de bitkinin türü ve çeşitlerinin tohum özelliği, bitkinin yetiştiği çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Karakurt ve ark., 2010). Bitkilerin büyüme ve gelişmelerinin işaretçisi olarak kabul gören bazı fizyolojik karakterlerin belirlenmesinin büyümenin tespitinde önemli bir yeri vardır. Bu doğrultuda incelenen büyüme analizleri, bitki ile çevresi arasındaki etkileşimi ve bitki büyümesini açıklamaya yardımcı olmaktadır (Karadavut et al. 2011). Karim ve Fattah (2007), nohutta net asimilasyon oranının tane dolun döneminde arttığını bildirmişlerdir.

Bornova lokasyonunda anason (*Pimpinella anisum* L.) hatlarının net asimilasyon miktarına ilişkin ortalama değerleri Çizelge 9’da verilmiştir.

**Çizelge 9.** Anason hatlarının net asimilasyon miktarına ilişkin ortalama değerleri

Hat No	Yavaş Gelişme Dönemi		Hızlı Gelişme Dönemi	
	(g m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )			
1	15.68	b	49.93	c
2	2.78	e	74.49	b
3	14.6	b	84.58	a
4	8,66	d	23.85	e
5	13.55	bc	45.22	cd
6	10.67	cd	20.90	e
7	23.77	a	23.95	e
8	8.06	d	21.90	e
9	3.29	e	38.05	d
10	12.64	bc	13.49	f
Ort.	11.37		39.63	
LSD	3.29		7.32	

Çizelge 9’da anason hatlarında yavaş gelişme dönemine ait ortalama NAO 11.37 ( $\text{g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ) hızlı gelişme dönemine ait ortalama ise 39.63  $\text{g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. 84.58  $\text{g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$  değer ile 3 nolu hat hızlı gelişme döneminde en yüksek sonucu vermiştir. En düşük NAO 2 nolu ( $2.78 \text{ g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$  ile) hattın elde edilmiştir.



Şekil 3. Anason hatlarının net asimilasyon miktarına ilişkin ortalama değerleri

Şekil 3’de en yüksek net asimilasyon miktarının hızlı gelişme döneminde (HGD) 3 nolu hattın elde edildiği görülmektedir. En düşük net asimilasyon miktarını ise yavaş gelişme döneminde (YGD) 2 nolu hat vermiştir.

En yüksek net asimilasyon oranına, hızlı gelişme döneminde (çiçeklenme öncesi-olgunlaşma) 3 nolu hat sahip olmuştur. Verim potansiyelinin ortaya çıkmasında biyolojik verimi ve hasat indeksi değerlerinin de önemli olduğu göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek hasat indeksi ve en düşük biyolojik verim değerine sahip olan 3 nolu hattın en yüksek net asimilasyon oranına ulaştığı görülmektedir. Tane verimi bakımından incelendiğinde NAO açısından 7 nolu hat ( $23.77-23.95 \text{ g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ), bin tane ağırlığı bakımından en yüksek sonucu veren 10 nolu hat ( $12.64-13.49 \text{ g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ), yavaş ve hızlı gelişme dönemlerinde en az değişim gösteren iki genotiptir. Diğer hatların hepsi yavaş gelişme döneminde çok düşük, hızlı gelişme döneminde ise artışa geçerek daha hızlı bir gelişme sürdürmüştür.

Chung (1982), farklı lokasyonlarda 2 yıl (1976-1978) süreyle yürüttüğü çalışmasında haşhaş bitkisinin (*Papaver somniferum* L.) verim ve bazı verim bileşenlerinin büyüme parametreleri ile arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre yaprak alanı indeksi değerlerinin, NAR (net asimilasyon oranı) değerlerine göre CGR (ürün büyüme oransal miktarı) üzerinde daha etkili olduğu, lokasyona göre değişen verim değerlerinin, bitki büyüme parametreleri ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Bitki büyüme parametrelerinin araştırıldığı çalışmaların daha çok tane verimi bakımından öne çıkan buğday ve yemelik tane baklagillerde yoğunlaştığı görülmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkilerde, bitki büyüme analizleri araştırmalarının sayısı oldukça azdır.

## Sonuç

Bornova ekolojik koşullarında yürütülen bu çalışmada seleksiyon ıslahı ile geliştirilen 10 anason hattının verim ve kaliteyi etkileyen agronomik, morfolojik ve fizyolojik özellikleri ortaya konulmuştur. Fizyolojik farklılıkların belirlenmesi amacıyla, bitkilerin farklı gelişme dönemlerinde bazı büyüme parametreleri incelenmiştir. En yüksek oransal büyüme miktarı ve net asimilasyon oranına, hızlı gelişme döneminde (çiçeklenme öncesi-olgunlaşma) 3 nolu hat sahip olmuştur. En yüksek verim değerine sahip 7 nolu hat, NAO ve OBM açısından yavaş ve hızlı gelişme dönemlerinde ( $23.77-23.95 \text{ g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ) değişim göstermeyen tek genotiptir. Diğer hatların hepsi yavaş gelişme döneminde çok düşük, hızlı gelişme döneminde ise artışa geçerek daha hızlı bir gelişme sürdürmüştür. 7 nolu hattın sahip olduğu bu özelliğin, verimin daha yüksek olmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak Bornova koşullarında incelenen geliştirilmiş 10 anason hattında tane verimi bakımından 7 nolu hattın diğer hatlara göre üstünlük gösterdiği ve verim potansiyelinin ortaya çıkmasında biyolojik veriminin yanı sıra hasat indeksi değerlerinin de önemli olduğu göz önünde bulundurulduğunda hasat indeksi bakımından 3 nolu hattın; anason yetiştiriciliğinde en önemli parametre olan uçucu yağ oranı bakımından ise 4 nolu hattın öne çıktığı görülmektedir. Bölge için tane verimi bakımından 7 nolu hattın, uçucu yağ oranı bakımından 4 nolu hattın çeşit geliştirme ve tescil çalışmalarında kullanılabileceği düşünülmektedir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Bu makale Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (EÜ-BAP) tarafından desteklenen 18-ZRF-017 No'lu projeden hazırlanmıştır. Proje Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Gülsüm Boztaş tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur. Araştırmanın yürütülmesinde finansal desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (EÜ-BAP) Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Acimovic, M., Dolijanovic, Z., Oljaca, S., Kovacevic, D. and Oljaca, M. 2014. Effect of fertilization on *Pimpinella anisum* L. in different locations in Serbia. In *Book of proceedings: Fifth International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2014", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 23-26, 2014* (pp. 629-634). University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture.
- Açıkgöz, N., İlker, E. ve Gökçöl, A., 2004, Biyolojik Araştırmaların Bilgisayarda Değerlendirilmeleri, ISBN: 973-483-607-8 E.Ü. Tohum Teknolojisi Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayın No:2, İzmir, 154s.

- Ahad M.A., 1986. Growth analysis of Rice bean (*Vigna umbellata* Thunb.) under different management practices and their agronomic appraisal. Ph.D. Dissertation in Agronomy.
- Akgül, A., 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*. No.15.
- Aksin N., 2000. Farklı Anason (*Pimpinella anisum* L.) Ekotiplerinin Diyarbakır Koşullarında Uygun Ekim Zamanlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Aloghareh R.R., Tahmasebi B.K., Safari A., Armand R. and Odivi A.G., 2013. Changes in essential oil content and yield components of anise (*Pimpinella anisum* L.) under different irrigation regimes. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* (IJACS/2013/6-7/364-369).
- Arslan, N., Gürbüz, B., Gümüşçü and Ahmet. A., 1999. Research on yield and yield components of different originated anise (*Pimpinella anisum* L.) populations. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 8.1-2.
- Başer, K.H.C., 1997. Use of medicinal and aromatic plants by drug and alcoholic beverage industries, Publication no. 39, Istanbul Chamber of Commerce.
- Bayram, E., 1992. Agronomic and technological researches on Turkish cultural anises (*Pimpinella anisum* L.). Ph.D. Thesis. Ege University Agricultural Faculty, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Field Crops, İzmir, 136 pp.
- Baytop, T., 1984. Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi. İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları No.40, İstanbul.
- Bown, D., 2001. Encyclopedia of Herbs and their Uses. *The Herb Society of America, Darling, Kindersley, London*.
- Boztaş, G. ve Bayram, E., 2020. Foreign Trade and Production of Anise (*Pimpinella anisum* L.) in Turkey. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Özel Sayı, s, 103-108.
- Ceylan, A., 1997. Tıbbi Bitkiler II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Yayını No: 481, 305 s, Bornova İzmir.
- Chung, B., 1982. Growth analysis of poppies (*Papaver somniferum* L.), *Australian Journal of Agricultural Research* 33(2) pp 233-242.
- Cinbilgel, I., Eren, Ö., Duman, H. ve Gökceoğlu, M., 2015. *Pimpinella ibradiensis* (Apiaceae): an unusual new species from Turkey. *Phytotaxa*. 217 (2), 164–172pp.
- Comtrade, 2019. International Trade Center. Trade statistics for international business development [https://www.trademap.org/tradestat/Product\\_SelCountry\\_TS.aspx?](https://www.trademap.org/tradestat/Product_SelCountry_TS.aspx?) (Erişim Tarihi: 20.04.2019).
- Davis, P. H., 1972. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 4, Edinburgh: *Edinburgh University Press*.
- Doğramacı, S., 2005., Organik ve inorganik gübre uygulamalarının anason (*Pimpinella anisum* L.) çeşit ve ekotiplerinin verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babac, , M.T. (eds.), 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*, İstanbul.

- Hänsel, R., Sticher, O. and Steinegger, E., 1999. Pharmakognosie-phytopharmaize. 6. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 692-695 pp.
- Hoppe, A.H., 1975. Drogenkunde, 8. Aufl., I, Walter D. Gruyter, Berlin.
- Ipek, A., Demirayak S. ve Gürbüz B. 2004. A study on the adaption of some anise (*Pimpinella anisum* L.) population to Ankara conditions. *J. Agri. Sci.* 10(2): 202-205.
- Karakurt, H., Aslantaş, R. ve 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.
- Karadavut. U., Patla, Ç., Tezel M. ve Aksoyak, Ş., 2011. Yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisinde bazı fizyolojik karakterlerin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 6(2): 8-16.
- Karim, MF. and Fattah, QA., 2007. Growth analysis of chickpea cv. Bari Chhola-6 as affected by foliar spray of growth regulators. *Bangladesh J. Bot.* 36(2):105-110.
- Kerydiyyeh, S., Usta, J., Kino, K., Markossian, S., Dagher, S., 2003. Aniseed oil increases glucose absorption and reduces urine output in the rat. *Life Sciences*, 74(5), 663-673.
- Korkut, M. H., 1994. Bazı Tohum Baharatlarının Yağ Asidi Kompozisyonu ve Özellikle Petroselinik Asit Miktarları Üzerinde Araştırmalar, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 62 s, Ankara.
- Melchior, H. and Kastner, H., 1974. Gewurze; Botanische und chemische Untersuchung. *Grundlagen und Fortschritte der Lebensmitteluntersuchung*.
- Nacar, Ş., 1994. The effect of different sowing dates on yield and quality of anise (*Pimpinella anisum* L.) in Cukurova conditions. M Sc. Thesis. University of Cukurova. Graduate School of Natural and Applied Sciences. Adana, Turkey.
- Özel, A., Demirbilek, T. 2000. Harran Ovası Koşullarında Bazı Tek Yıllık Baharat Bitkilerinin Verim ve Bazı Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Harran Ü. Z. F. Dergisi*, 4 (4); 21-32.
- Özel, A. 2009. Anise (*Pimpinella anisum* L.): Changes In Yields And Component Composition On Harvesting At Different Stages Of Plant Maturity. *Cambridge University Press*. Volume 45, pp. 117–126.
- Özgülven, M., 2001. Aniseed (*Pimpinella anisum* L.). Handbook of herbs and spices. *Aniseed (Pimpinella anisum* L. ). Peter K V (Ed). Woodhead publishing Limited, Cambridge, England and CRC press. Boca Raton. Boston, New York, Washington DC.
- Özgülven, M., Sekin, S., Gurbuz, B., Sekeroglu, N., Ayanoglu, F. and Ekren, S., 2005. Tobacco, medicinal and aromatic production and trade. (In) Proceeding of sixth Technical Congress of Turkish Agricultural Engineers, held during 3-7 January at Ankara Turkey. 1: 481-501.
- Pimenov, M.G. and Leonov, M.V., 1993. The genera of the Umbelliferae. nomenclature. *Royal Bot. Garden. Kew*.
- Ross, I.A., 2001. Medicinal Plants of the World: Chemical Constitutes, Traditional and Modern Medicinal Uses. *Humana press*, Totowa, New Jersey. 2:363-374. Ankara.
- Sönmez, Ç. 2015. Plant-water relations sage (*Salvia officinalis* L.)'s yield, essential oil production and quality on effects: biometric and physiological reviews. Ph.D. Thesis. Graduate School of Natural and Applied Sciences. Ege University. 123 p (in Turkish).

- Şahin, B., 2013. Farklı Ekim Zamanlarında Yetiştirilen Bazı Tıbbi Bitkilerin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- Tabanca, N., Demirci, B., Kirimer, N., Baser, K.H.C., Bedir, E., Khan, I.A and Wedge, D.E., 2005. Gas chromatographic - mass spectrometric analysis of essential oil from *Pimpinella aurea*, *Pimpinella corymbosa*, *Pimpinella peregrina* and *Pimpinella puberula* gathered from Eastern and Southern Turkey. *J. Chromatogr. A* 1097: 192-198.
- Taysi, V., Vömel, A., and Ceylan, A., 1977. Neue Anbauversuche mit Anise (*Pimpinella anisum* L.) im Ege-Gebiet der Türkei. *J Agron Crop Sci.* 145, 6-21.
- Thakur, D.S. and Patel, S.R., 1998. Growth and sink potential of rice as influenced by the split application of potassium with FYM in inceptisols of eastern central Indian. *J. Potassium Res.* 14(1/4):73-77.
- Tüik (Türkiye İstatistik Kurumu), 2019. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, (Erişim Tarihi: 20.04.2019).
- Wichtl, M., 1971, Die Pharmakognostichemische Analys, Band, Frankfurt/M.
- Wilson, W.J., 1981 Wilson, J. W. 1981. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Annals of Botany*, 48(4), 507-512.
- Yıldırım, V., 2010. Türk anason genotiplerinin (*Pimpinella anisum* L.) Tekirdağ koşullarında tohum verimi ve bazı bitkisel özellikleri üzerinde bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Zehtab-salması, S., Javanshir, A., Omidbaigi, R., Alyari, H., Ghassemi-golezani K., 2001. Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Acta Agronomica Hungarica.* 49 (1): 75-81.
- Zeybek, N. and Zeybek, U., 1994. Pharmaceutical Botany, Ege University Faculty of Pharmacy Publication No:1, İzmir.





## Bursa İli'nden Toplanan Yonca (*Medicago sativa* L.) Genotiplerinde Verim ve Verim Komponentleri Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizi ile Belirlenmesi<sup>A</sup>

Sebiha EROL<sup>1</sup>, Emine BUDAKLI ÇARPICI<sup>2\*</sup>

**Öz:** Bu araştırma 2018 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme materyali olarak 2015 yılında Bursa'nın 14 farklı ilçesinden toplanmış ve klonal olarak çoğaltılmış 307 farklı yaygın yonca genotipi (*Medicago sativa* L.) kullanılmıştır. Çalışmada toplam kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu, ana sap kalınlığı, ana sap sayısı, yaprak büyüklüğü, çiçeklenme gün sayısı, dormansi oranı, yatma durumu ve biçim sayısı özellikleri arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla korelasyon ve path analizleri yapılmıştır. Korelasyon analizi sonucuna göre; toplam kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu (0,631\*\*), ana sap kalınlığı (0,405\*\*), ana sap sayısı (0,620\*\*), yaprak büyüklüğü (0,374\*\*), dormansi oranı (0,339\*\*) ve biçim sayısı (0,625\*\*) arasında pozitif korelasyon sonucu saptanmıştır. Path analizi sonucuna göre; toplam kuru madde verimine en yüksek doğrudan etkiyi % 61,29 ile ana sap sayısı (0,389) ve % 50,29 ile biçim sayısı (0,332) yapmıştır. Toplam kuru madde verimine en yüksek dolaylı etkiyi yaprak büyüklüğü (0,514) % 13,15 ile ana sap uzunluğu üzerinden yapmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yonca, Verim, Verim Komponentleri, Korelasyon, Path.

<sup>A</sup> Bu çalışma Sebiha EROL'un yüksek lisans tezinin bir bölümünü içermektedir. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** <sup>2</sup> Emine BUDAKLI ÇARPICI, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa Türkiye, ebudakli@uludag.edu.tr [OrcID](https://orcid.org/0000-0002-2205-2501) 0000-0002-2205-2501

<sup>1</sup> Sebiha EROL, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, sebihaerol3@gmail.com [OrcID](https://orcid.org/0000-0002-7906-3367) 0000-0002-7906-3367

## Determination with Correlation and Path Analysis of Relationships Between Yield and Yield Components in Alfalfa (*Medicago Sativa L.*) Genotypes Collected from the Bursa

**Abstract:** This study was carried out Agricultural Application and Research Center of the Faculty of Agriculture of Bursa Uludağ University in 2018, the experiment with three replications using Randomized Complete Block Design. As experimental material was used 307 different common alfalfa (*Medicago sativa L.*) genotypes from 14 different district collected and propagated as clonal, of Bursa in 2015. In the study, total dry matter yield, main stem length, main stem thickness, main stem number, leaf size, number of flowering days, dormancy rate, growth habit and number of cuts properties was made out determination with correlation and path analysis of relationships between. As a result of correlation analysis, positive correlation between was determined total dry matter yield with main stem length (0.631\*\*), main stem thickness (0,405\*\*), main stem number (0,620\*\*), leaf size (0,347\*\*), dormancy rating (0,339\*\*) and number of cut (0,625). As a result of path analysis, total dry matter yield was determined the highest directly affect main stem number (0,389) %61,29 with, and number of cut (0,332) % 50,29 with. Total dry matter yield was determined the highest indirectly affect leaf size (0,332) %13,15 with on main stem length.

**Keywords:** Alfalfa, Yield, Yield Components, Correlation, Path.

### Giriş

Yem bitkileri içerisinde geniş bir yer tutan yonca, tek yıllık ve çok yıllık olarak bilinen bir cins olmakla birlikte yaklaşık 60 kadar tür bulunmaktadır. Yaygın yonca (*Medicago sativa L.*) çok yıllık yonca türleri arasında en popüler olanlardan biridir. Ülkemizde yaygın yonca veya yonca olarak da adlandırılan bitki dünyada en çok tarımı yapılan yem bitkileri arasında yer almaktadır (Açıkgöz, 2001). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2018 yılında toplam tarım alanı 37 milyon 797 bin ha ve ekilen alan 15 milyon 421 bin ha olarak belirlenmiştir. Kaba yem kaynağı olan yem bitkileri ekim alanı 1.997.396 ha, yem bitkileri ekim alanı içerisinde 6.351.052 da ile en fazla paya sahip olan yonca olup, ilk sırada yer almaktadır (TÜİK, 2018). Ayrıca, besleyici ve lezzetli olması nedeniyle yem bitkileri ıslah çalışmalarında üzerinde durulması gereken başlıca bitkilerdendir.

Tüm bitkilerde olduğu gibi yoncada da iklim, kültürel uygulamalar, yüksek adaptasyon yeteneği, hastalık ve zararlılara dayanıklılık gibi faktörlerin verim ve kalite üzerinde etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Türkeri, 2006). Ancak, verim ve kaliteyi oluşturan özelliklerin birbirleriyle olan doğrudan veya dolaylı ilişkilerinin etkisi verimi etkileyen en önemli unsurlardır.

Yaygın yonca genotiplerinde kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu, ana sap kalınlığı, ana sap sayısı, yaprak büyüklüğü, dormansi oranı ve biçim sayısı arasında çok önemli ve pozitif korelasyon olduğu birçok

araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Altınok ve Eraç, 1995; Albayrak ve Ekiz, 2004; Tucak ve ark., 2008; Jafari ve ark., 2012). Korelasyon katsayısı incelenen özellikler arasındaki ikili ilişkinin düzeyini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ilave olarak verimi etkileyen karakter veya karakterlerin arasındaki ikili ilişkiyi doğrudan ve dolaylı etkilerinin ayrıntılı bir şekilde belirtilmiş olması gerekmektedir (Albayrak ve Ekiz 2004). Çoğu araştırmacı tarafından incelen özellikler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemede ve özellikler arasındaki ilişkinin doğrudan veya dolaylı etkilerini kesin bir şekilde inceleyebilmek için path analizi kullanılmaktadır (Orhan ve Kaşıkçı, 2002). Path katsayıları ve katkı payları incelendiğinde; kuru madde verimi üzerine ana sap uzunluğunun doğrudan etki yapmaktadır. Badran ve ark (2015)'in kuru madde verimi üzerine ana sap uzunluğunun doğrudan etkisi bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada; sentetik yonca çeşit/çeşitlerinin geliştirilmesi amacıyla Bursa İli'nin 14 farklı ilçesinden toplanmış ve klonal olarak çoğaltılmış olan 307 adet yaygın yonca (*Medicago sativa* L.) genotipinde verim ve verim komponentleri arasındaki ikili ilişkilerin korelasyon analizi ile belirlenmesi ve bu komponentlerin toplam kuru madde verimi üzerine olan doğrudan ve dolaylı etkilerinin path analizi ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma 2018 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme materyali olarak 2015 yılında Bursa'nın 14 farklı ilçesinden toplanmış ve klonal olarak çoğaltılmış 307 farklı yaygın yonca genotipi (*Medicago sativa* L.) kullanılmıştır. 1140274 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Bursa, Bilecik, Balıkesir ve Eskişehir İl'lerinden toplanmış ve klonal olarak çoğaltılmış olan 434 yonca genotipler, her sırada tesadüfen seçilen 31 genotip olacak şekilde 14 sıra halinde 25 ve 26 Eylül 2016 tarihlerinde tarlaya şaşırtılmıştır. Araştırmada tekerrür sayısı 3 olup genotipler ve sıralar arasında 1 m mesafe bırakılmıştır. Blokların çevresine genotiplerden fazla olarak klonlanan bitkiler ile kenar tesiri oluşturulmuştur. Proje kapsamında tarlaya şaşırtılmış olan 434 genotip içerisinde sadece Bursa İli'nden toplanmış olan 307 genotip değerlendirmeye alınmıştır.

Denemede sulama damlama sulama sistemi ile yapılmıştır. Denemede yabancı otlara karşı elle ve çapa ile mekanik mücadele yapılmıştır. Ayrıca, denemede yaprak bitine karşı etkin maddesi imidacloprid olan İmidrid kullanılmıştır. Denemede 2018 yılında Nisan ayında yonca genotiplerinde çiçeklenmeler başlamış ve bitkilerde % 10 çiçeklenmenin görülmesiyle birlikte gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

Yonca genotiplerinde ana sap uzunluğu, ana sap kalınlığı, ana sap sayısı, yaprak büyüklüğü, çiçeklenme gün sayısı, dormansi oranı, yatma durumu, toplam kuru madde verimi ve biçim sayısı özellikleri incelenmiştir. İncelenen tüm özelliklerde üç tekerrürün ortalaması alınarak ortalama değerler belirlenmiştir. Yonca genotiplerinde incelenen özellikler arasındaki ikili ilişkileri incelemek amacıyla korelasyon, incelenen özelliklerin toplam kuru madde verimi üzerine olan doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemek için de path analizi yapılmıştır. Hesaplamalarda TARPOGEN programı kullanılmıştır (Şanver ve Göksoy 2019).

## Bulgular ve Tartışma

Yonca genotiplerine ait verim ve verim unsurları arasındaki ilişki korelasyon katsayı analizi ile belirlenmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1. incelendiğinde; kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu (0,631\*\*), ana sap kalınlığı (0,405\*\*), ana sap sayısı (0,620\*\*), yaprak büyüklüğü (0,374\*\*), dormansi oranı (0,339\*\*) ve biçim sayısı (0,625\*\*) arasında çok önemli ve pozitif korelasyon, çiçeklenme gün sayısı (-0,280\*\*) ile arasında çok önemli ve negatif korelasyon tespit edilmiştir. Diğer taraftan kuru madde verimi ile yatma durumu (-0,043<sup>ns</sup>) arasındaki ilişki negatif olmakla birlikte önemsiz çıkmıştır. Kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu ve ana sap kalınlığı arasında Altınok ve Eraç (1995)’ın bulguları ile araştırmamızdan elde ettiğimiz değerler arasında paralellik bulunmaktadır. Ayrıca, Albayrak ve Ekiz (2004) ile Tucak ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmalarda da kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu arasında pozitif ve önemli korelasyonların olduğu tespit edilmiş olup çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç ile uyum içerisindedir. Ana sap uzunluğu ile ana sap kalınlığı (0,557\*\*), ana sap sayısı (0,430\*\*), yaprak büyüklüğü (0,275\*\*), dormansi oranı (0,365\*\*) ve biçim sayısı (0,630\*\*) arasında çok önemli ve pozitif korelasyon, çiçeklenme gün sayısı (-0,417\*\*) ile arasında çok önemli ve negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ana sap uzunluğu ile yatma durumu (0,039<sup>ns</sup>) arasındaki ilişki önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1.). Yonca genotipleri ile yapılan çalışmalarda ana sap uzunluğu ile farklı bitki özellikleri arasında pozitif ve önemli korelasyonların olduğu tespit edilmiştir. Karakurt ve Fırıncıoğlu (2005) ile Eren (2009) ana sap uzunluğu ile biçim sayısı arasında, Monirifar (2011) ana sap uzunluğu ile sap sayısı ve yaprak büyüklüğü arasında, Avcı ve ark. (2011) bitki boyu ile dormansi oranı arasında, Hamd Alla ve ark. (2013) ile Arab ve ark. (2015) bitki boyu ile sap sayısı arasında, Eren (2009) ana sap uzunluğu ile sap kalınlığı arasında pozitif korelasyonların olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen korelasyon sonuçları bu araştırmacıların sonuçları ile uyum içerisindedir. Çalışmamızda ana sap uzunluğu ile ana sap sayısı arasında tespit ettiğimiz pozitif korelasyon, Avcı ve ark (2011) tarafından tespit edilen korelasyon ile uyumlu olmamıştır. Farklı baklagil yem bitkileri ile yapılan çalışmalarda da Koç ve Tan (1997) tüylü yonca genotiplerinde ana sap uzunluğu ile ana sap kalınlığı ve ana sap sayısı arasında, Aygün ve ark. (2007) korungada bitki boyu ile sap kalınlığı ve habitus arasında, Aygün ve Olgun (20015) çayır üçgülü genotiplerinde bitki boyu ile sap kalınlığı yaprak eni ve yaprak boyu arasında pozitif korelasyonların olduğunu tespit etmişlerdir. Ana sap uzunluğu ile ana sap kalınlığı, ana sap sayısı ve yaprak büyüklüğü arasında tespit ettiğimiz korelasyon sonuçları bu araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Ana sap kalınlığı ile ana sap sayısı (0,157\*\*), yaprak büyüklüğü (0,421\*\*), dormansi oranı (0,305\*\*) ve biçim sayısı (0,336\*\*) arasında çok önemli ve pozitif korelasyon, çiçeklenme gün sayısı (-0,242\*\*) ile arasında çok önemli ve negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan ana sap kalınlığı ile yatma durumu (-0,043<sup>ns</sup>) arasındaki ilişki negatif ve önemsiz olduğu bulunmuştur (Çizelge 1.). Ana sap sayısı ile yaprak büyüklüğü (0,203\*\*), dormansi oranı (0,184\*\*) ve biçim sayısı (0,349\*\*) arasında çok önemli ve pozitif korelasyon olduğu belirlenirken, çiçeklenme gün sayısı (-0,173\*\*) arasında çok önemli ve negatif korelasyon belirlenmiştir. Ayrıca ana sap sayısı ile yatma durumu (-0,016<sup>ns</sup>) arasındaki ilişki negatif ve önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1.). Yaprak büyüklüğü ile dormansi oranı (0,299\*\*) ve biçim sayısı (0,212\*\*) arasında çok önemli ve pozitif korelasyon, yatma durumu (-0,176\*\*) ile arasında çok önemli ve negatif

korelasyon olduğu belirlenmiştir. Yaprak büyüklüğü ile çiçeklenme gün sayısı (-0,083<sup>ns</sup>) arasındaki ilişki negatif ve önemsizdir (Çizelge 1.). Karakut ve Fırıncıoğlu (2005)'nin yapmış oldukları çalışmada, yaprak büyüklüğü ile dormansi oranı ve biçim sayısı arasında belirledikleri ilişki ile bulgularımız uyum içerisindedir. Çiçeklenme gün sayısı ile dormansi oranı (-0,188\*\*) arasında çok önemli, yatma durumu (-0,101\*) ile arasında önemli negatif korelasyon olduğu ve biçim sayısı (-0,386\*\*) ile arasında çok önemli ve negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1.). Dormansi oranı ile biçim sayısı (0,470\*\*) çok önemli ve pozitif korelasyon olduğu ve yatma durumu (-0,111\*) ile önemli ve negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1.). Karakut ve Fırıncıoğlu (2005) yaptıkları çalışmada, biçim sayısı ile dormantlık arasında çok yüksek ve pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

**Çizelge 1.** Yaygın yonca genotiplerinde verim ve verim unsurları arasındaki korelasyon ilişkileri

	TKMV	ASU	ASK	ASS	YB	ÇGS	DO	YD	BS
TKMV	1,000								
ASU	0,631**	1,000							
ASK	0,405**	0,557**	1,000						
ASS	0,620**	0,430**	0,157**	1,000					
YB	0,374**	0,275**	0,421**	0,203**	1,000				
ÇGS	-0,280**	-0,417**	-0,242**	-0,173**	-0,083ns	1,000			
DO	0,339**	0,365**	0,305**	0,184**	0,299**	-0,188**	1,000		
YD	-0,043ns	-0,039ns	-0,043ns	0,016ns	-0,176**	-0,101*	-0,111*	1,000	
BS	0,625**	0,630**	0,336**	0,349**	0,212**	-0,386**	0,470**	0,008ns	1,000

\*, \*\*: Sırasıyla % 5 ve % 1 seviyesinde önemlidir.

TKMV: Toplam Kuru Madde Verimi, ASU: Ana Sap Uzunluğu, ASK: Ana Sap Kalınlığı, ASS: Ana Sap Sayısı, YB: Yaprak Büyüklüğü, ÇGS: Çiçeklenme Gün Sayısı, DO: Dormansi Oranı, YD: Yatma Durumu, BS: Biçim Sayısı

Kuru madde verimi ile incelenen diğer özellikleri arasındaki doğrudan ve dolaylı etkiler path katsayı analizi ile belirlenmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Path katsayıları ve katkı payları incelendiğinde; kuru madde verimi üzerine ana sap uzunluğunun doğrudan etkisi (0,187) % 28,17 olmuştur. Kuru madde verimine ana sap uzunluğu en yüksek dolaylı etkisini (0,209) % 31,57 ile biçim sayısı üzerinden yapmış ve en düşük dolaylı etkisini ise (-0,008) % 1,22 ile dormansi oranı üzerinden yapmıştır Badran ve ark (2015)'nin kuru madde verimi üzerine ana sap uzunluğunun doğrudan etkisi (0,574) bulgularımızla benzerlik göstermektedir. Kuru madde verimi üzerine ana sap kalınlığının doğrudan etkisi (0,077) % 17,93 olmuştur. Kuru madde verimine ana sap uzunluğu en yüksek dolaylı etkisini (0,112) % 26,13 ile biçim sayısı üzerinden yapmış ve en düşük dolaylı etkisini ise (-0,007) % 1,58 ile dormansi oranı üzerinden yapmıştır. Kuru madde verimi üzerine ana sap sayısının doğrudan etkisi (0,289) % 61,29 yapmıştır. Kuru madde verimine ana sap sayısının en yüksek dolaylı etkisi (0,116) % 18,26 ile biçim sayısı üzerinden olmuş ve en düşük dolaylı etkisini (-0,004) % 0,64 ile dormansi oranı üzerinden yapmıştır. Kuru madde verimi üzerine yaprak büyüklüğünün doğrudan etkisi (0,147) % 37,49 olmuştur. Kuru madde verimine yaprak büyüklüğünün en yüksek dolaylı etkisi (0,079) % 20,26 ile ana

sap sayısı üzerinden yapmış ve en düşük dolaylı etkisini (-0,007) % 1,69 ile dormansi oranı üzerinden yapmıştır. Kuru madde verimi üzerine çiçeklenme gün sayısının doğrudan etkisi (0,019) % 5,76 olmuştur. Kuru madde verimine çiçeklenme gün sayısının en yüksek dolaylı etkisi (0,004) % 1,26 ile dormansi oranı üzerinden olmuş ve en düşük dolaylı etki ise (-0,128) % 38,97 ile biçim sayısı üzerinden olmuştur. Kuru madde verimi üzerine dormansi oranının doğrudan etkisi (-0,022) % 5,67 olmuştur. Kuru madde verimine dormansi oranının en yüksek dolaylı etkisi (0,156) %39,91 ile biçim sayısı üzerinden olmuş ve en düşük dolaylı etkisi ise (-0,004) % 0,91 ile çiçeklenme gün sayısı üzerinden olmuştur. Kuru madde verimi üzerine yatma durumunun doğrudan etkisi (-0,016) % 24,58 olmuştur. Kuru madde verimine yatma durumunun en yüksek dolaylı etkisi (0,006) % 9,52 ile ana sap sayısı üzerinden olmuş ve en düşük dolaylı etki ise (-0,026) % 39,20 ile yaprak büyüklüğü üzerinden olmuştur. Kuru madde verimi üzerine biçim sayısının doğrudan etkisi (0,332) % 50,29 olmuştur. Kuru madde verimine biçim sayısının en yüksek dolaylı etkisi (0,136) % 20,57 ile ana sap sayısı üzerinden olmuş ve en düşük dolaylı etki ise (-0,000) % 0,01 ile yatma durumu üzerinden olmuştur (Çizelge 2.).

Çizelge 2. Toplam kuru madde verimi ile incelenen özellikler arasındaki doğrudan ve dolaylı etkiler

	Doğrudan Etki		Dolaylı Etki															
	P.K	%	ASU		ASK		ASS		YB		ÇGS		DO		YD		BS	
			P.K	%	P.K	%	P.K	%	P.K	%	P.K	%	P.K	%	P.K	%	P.K	%
ASU	0,187	28,17			0,043	6,44	0,167	25,21	0,040	6,08	-0,008	1,19	-0,008	1,22	0,001	0,09	0,209	31,57
ASK	0,077	17,93	0,104	24,37			0,061	14,32	0,061	14,42	-0,005	1,07	-0,007	1,58	0,001	0,16	0,112	26,1
ASS	0,389	61,29	0,080	12,64	0,012	1,89			0,029	4,69	-0,003	0,51	-0,004	0,64	-0,000	0,04	0,116	18,26
YB	0,147	37,49	0,514	13,15	0,032	8,24	0,079	20,26			-0,002	0,40	-0,007	1,69	0,003	0,72	0,070	18,01
ÇGS	0,019	5,76	-0,078	23,65	-0,019	5,64	-0,067	20,49	-0,012	3,70			0,004	1,26	0,002	0,49	-0,128	38,97
DO	-0,022	5,67	0,068	17,47	0,023	5,98	0,072	18,37	0,044	11,21	-0,004	0,91			0,002	0,45	0,156	39,91
YD	-0,016	24,58	-0,007	11,16	-0,003	4,98	0,006	9,52	-0,026	39,20	-0,002	2,91	0,003	3,73			0,003	3,93
BS	0,332	50,29	0,118	17,83	0,026	3,89	0,136	20,57	0,031	4,70	-0,007	1,10	-0,010	1,57	-0,000	0,01		

P.K: Patlı katasayı, ASU: Ana Sap Uzunluğu, ASK: Ana Sap Kalınlığı, ASS: Ana Sap Sayısı, YB: Yaprak Büyüklüğü, ÇGS: Çiçeklenme Gün Sayısı, DO: Dormansi Oranı, YD: Yatma Durumu, BS: Biçim Sayısı

## Sonuç

Korelasyon katsayı analizinin sonuçlarına neticesinde kuru madde verimi ile ana sap uzunluğu (0,631\*\*), ana sap kalınlığı (0,405\*\*), ana sap sayısı (0,620\*\*), yaprak büyüklüğü (0,374\*\*), dormansi oranı (0,339\*\*) ve biçim sayısı (0,625\*\*) arasında çok yüksek ve pozitif korelasyon bulunmuştur.

Path katsayı analizi sonucunda kuru madde verimine en yüksek doğrudan etkiyi ana sap sayısı (0,389) %61,29 ile ilk sırada yer alırken bunu biçim sayısı (0,332) %50,29 ile takip etmiştir. Bunun yanı sıra kuru madde verimine en düşük doğrudan etkiyi ise dormansi oranı (-0,022) %5,67 ile olmuştur. Kuru madde verimine en yüksek dolaylı etkiyi yaprak büyüklüğü (0,514) %13,15 ile ana sap uzunluğu üzerinden, ana sap uzunluğu (0,209) %31,57 ile biçim sayısı üzerinden ve dormansi oranı (0,156) %39,91 ile biçim sayısı üzerinden yapmıştır.

Kuru madde verimi üzerine hem doğrudan hem de dolaylı etkileri olumlu ve önemli olan ana sap sayısı ve biçim sayısı gibi özelliklerin verim unsurları olarak değerlendirilebileceği, kuru madde verimi üzerine olumlu doğrudan etkiye sahip çiçeklenme gün sayısının tüm dolaylı etkilerinin olumsuz olması negatif ve önemli korelasyon olarak kabul edilebilir. Kuru madde verimi üzerine dormansi oranının etkisinin olumsuz olmasına karşın dolaylı etkilerinin olumlu olması bu durumda dolaylı etkilerde yapılacak çalışmalarda dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Bursa'nın 14 farklı ilçesinden toplanmış olan 307 adet yaygın yonca genotipleri ile yapılan bu çalışmada korelasyon ve path analizi sonuçları doğrultusunda kuru madde verimini arttırmak için yapılacak ıslah çalışmalarında ana sap sayısı ve biçim sayısı üzerinde durulması gerekliliği sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür Bilgi Notu

TOVAG 1140274 nolu proje kapsamında yürütülen bu çalışmada her daim maddi olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubuna (TÜBİTAK) teşekkür ederiz. Ayrıca proje ekibinde yer alan Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ, Ziraat Yüksek Mühendisi Yasin ÖZTÜRK, Ziraat Yüksek Mühendisi Nigar TATAR YÖRÜK ve Ziraat Yüksek Mühendisi Ömer ARSLAN'a tarla aşamasındaki desteklerinden dolayı teşekkür ederiz. Bu araştırma, Sebiha EROL tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinin bir bölümünü içermekte olup bu çalışmada etik kurul onayı gerekli değildir. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. Çalışmada, yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.



## Kaynakça

- Açıkgoz, E. 2001. Yem bitkileri. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı No:182, Bursa, 41-66.
- Albayrak, S., Ekiz, H., 2004. Bazı çok yıllık yem bitkilerinde kuru ot verimi ile ilişkili karakterlerin korelasyon ve path analizi ile saptanması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (3) 250-257.
- Altınok, S., Eraç A., 1995. Tek yıllık yoncalarda kuru madde verimi ile bazı karakterler arasındaki korelasyonlar ve path analizleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*,19:73-81.
- Arab, S. A., El Shal M.H., Hamed, N. M., 2015. Evaluation of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) germplasm for yield and yield component traits. *Egypt. J. Agron*,37(1):69-78.
- Avcı, M., Çınar, S., Yücel, C., Kızıl Aydemir, S. ve Hatipoğlu, R. 2011. Bazı yonca genotiplerinin dormansi oranları ile verim ve verim unsurları ve kalite özellikleri arasındaki ilişkilerin saptanması. Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi Çayır Mera Yem Bitkileri, 12-15 Eylül, Bursa, 1637-1642.
- Aygün, C. A, Kara. Ş, Çakal. 2007. Yem bitkisi türlerinin kültüre alınma olanakları – III – Korunga (*Onobrychis sativa* L.) toplama çalışmaları. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi. 25–27 Haziran 2007. Erzurum.
- Aygün, C., Olgun, M., 2015. Çayır üçgülünde (*Trifolium pratense* L.) karakterizasyon çalışmaları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2): 164-175.
- Badran, A. E., ElSherebeny E. A. M., Salama, Y. A. 2015. Performance of some alfalfa cultivars under salinity stress conditions. *Journal of Agricultural Science*, 7(10); 1916-9760 2015.
- Eren, B. 2019. Iğdır ekolojik koşullarında toplanan yaygın yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin bitkisel, verim, kalite ve moleküler karakterizasyon özelliklerinin belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Iğdır.
- Hamd Alla, W.A., Bakheit, B.R., Abo-Elwafa, A., El-Naheawy, M.A. 2013. Evaluate of some varieties of alfalfa for forage yield and its components under the new valley conditions. *Journal of agroalimentary processes and Technologies*, 19(4):413-418.
- Jafari, A.A., Lak, M., Assadian, G., 2012. Variability and correlation between the seed yield and its component in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations under dry land farming system, Hamadan, Iran. *Journal of Rangeland Science*,. 2(3); 567-576.
- Karakurt, E. ve Fıncıoğlu, H.K. 2005. Farklı kaynaklardan sağlanan yonca (*Medicago sativa* L.) populasyonunda bazı önemli özellikler ve özellikler arası ilişkiler. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi 5-9 Eylül, 857- 862. Antalya.
- Koç, A. ve Tan, M. 1997. Tüylü yonca (*Medicago papillosa* Boiss.)'nın bazı tarımsal özellikleri üzerinde bir araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 6(1):43-48.
- Monirifar, H. 2011. Path analysis of yield and quality traits in alfalfa. *Not Bot Horti Agrobo*, 39(2):190-195.

- Orhan, H., Kaşıkçı, D., 2002. Path, korelasyon ve kısmi regresyon katsayılarının karşılaştırılması olarak incelenmesi. *Hayvansal Üretim*, 43(2): 68-78.
- Şanver, P. ve Göksoy, A.T. 2019. Hibrid ayçiçeği genotiplerinde korelasyon ve path analizi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2):235-248.
- Tucak, M., Popović, S., Grljušić, S., Čupić, T., Kozumplik, V., Šimić, B. 2008. Variability and relationships of important alfalfa germplasm agronomic traits. *Periodicum biologorum*, 110(4), 311-315.
- TUIK (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim Tarihi: 25.11.2019)
- Türkeri, M. 2006. Yerfıstığında (*Arachis hypogaea* L.) verim ve verim unsurlarının korelasyon ve path katsayısı analizi üzerinde bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.



## The Design Process of Children's Playgrounds Connecting Indoor and Outdoor Spaces: Case of Bornova Children's World, Izmir<sup>A</sup>

Sara DEMİR<sup>1\*</sup>, Okan TURAN<sup>2</sup>, Emre GÜNAY<sup>3</sup>

**Abstract:** The spatial planning and design process are based on the user profiles and their needs. In this context, it is important to know the characteristics of the user groups consisting of children, young people, the elderly and individuals with special needs in terms of healthy and successful design. Therefore, in the design for child users, indoor and outdoor spaces serving the physical, cognitive, and socio-sensory development and based on the principles of colorfulness, mobility and naturalness should be designed. The Children's World project designed in this context was realized in Bornova district of İzmir province in Turkey. The aim of this study is to design indoor and outdoor playgrounds that reflect the world of children. The children's playgrounds aim to serve the developmental stages of the child and to be based on the landscape design principles in playgrounds. The landscape design process was implemented step by step for healthy children's playgrounds. The physical, cognitive, and socio-sensory developmental stages of the children and the colorfulness, mobility and naturalness design criteria of the children's playgrounds with the flooring materials with playful and colorful patterns, the movable cube game modules and seating units and the plant material that changes color in all seasons were handled within the framework of a holistic design and accordingly, portable and colorful indoor and outdoor playgrounds consisting of exhibition-information-experience areas, workshops and courtyards were created. As a

<sup>A</sup> Bu makalede ele alınan Bornova Çocuk Dünyası Projesi 2016 yılında Bornova Belediyesi tarafından 5. Mansiyon ödülü almaya hak kazanmıştır. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Sara DEMİR, Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye, sara.demir@btu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0813-3356](https://orcid.org/0000-0002-0813-3356)

<sup>2</sup> Okan TURAN, Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye, trokan@gmail.com, [OrcID 0000-0002-6679-2229](https://orcid.org/0000-0002-6679-2229)

<sup>3</sup> Emre GÜNAY, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Trabzon, Türkiye, emregunay61@gmail.com, [OrcID 0000-0003-0590-8897](https://orcid.org/0000-0003-0590-8897)

result, in this study which includes original, qualified, functional, innovative and contemporary design solutions, settlement decisions, plan decisions, facade and material decisions, sustainability decisions, and open space decisions were taken. The findings and methodology of this study may serve as an example of the landscape design process for other similar projects to be designed in different regions that take into account the developmental periods and principles of children.

**Keywords:** Indoor and outdoor children's playgrounds, child development, playground design criteria, Bornova Children's World Project, Izmir.

## **Açık ve Kapalı Mekanları Birleştiren Çocuk Oyun Alanlarının Tasarım Süreci:**

### **Bornova, Çocuk Dünyası Örneği, İzmir**

**Öz:** Mekansal planlama ve tasarım süreci kapsamında ele alınan her bir mekan, kullanıcı profiline ve kullanıcıların gereksinimlerini göre belirlenmektedir. Bu bağlamda çocuklar, gençler, yaşlılar ve özel gereksinimli bireylerden oluşan kullanıcı gruplarının özelliklerinin bilinmesi tasarımın sağlıklı ve başarılı olması açısından önemlidir. Bireylerin kişiliklerinin oluşmasında etkili olan çocukluk dönemi, insan hayatının en önemli evresini oluşturmaktadır. Dolayısı ile çocuk kullanıcılarına yönelik yapılan tasarımlarda çocukların fiziksel, bilişsel, sosyo-duyusal gelişimlerine hizmet eden ve renklilik, hareketlilik ile doğallık ilkelerine dayanan kapalı ve açık mekanlarının tasarlanması gerekmektedir. Bu kapsamda tasarlanan çocuk dünyası projesi, İzmir ilinin, Bornova ilçesinde gerçekleşmiştir. İzmir'e eğitim ve eğlence konusunda alternatif bir cazibe noktası oluşturulması beklenen bu çalışmanın amacı çocukların dünyasını yansıtan kapalı ve açık çocuk oyun mekanlarının tasarlanmasıdır. Bu amaca ulaşmak için tasarlanan çocuk oyun mekanlarının çocuk gelişim dönemlerine hizmet etmesi ve çocuk oyun mekanlarındaki tasarım ilkelerini temel alması hedeflenmiştir. Çocuklara yönelik oyun alanları yapılması istenen bu projede yöntem olarak tasarım süreci adım adım uygulanmıştır. Çocukların fiziksel, bilişsel, sosyo-duyusal gelişim dönemleri ile çocuk oyun mekanlarının renklilik, hareketlilik ve doğallık tasarım kriterleri hareketli ve renkli oyun modülleri, renkli ve oyun desenli yer döşemeleri, hareketli oturma birimleri, her mevsim renk değiştiren bitkisel materyal ile bütüncül bir tasarım çerçevesinde ele alınmış ve buna uygun sergi-bilgi-deneyim alanları, atölyeler ve avludan oluşan kapalı-açık, renkli ve hareketli çocuk oyun mekanları oluşturulmuştur. Proje görünüş, kesit, perspektif ve detay çizimler ile desteklenmiştir. Sonuç olarak özgün, nitelikli, işlevsel, yenilikçi ve çağdaş tasarım çözümlerini içeren bu çalışmada yerleşim kararları, plan kararları, cephe ve malzeme kararları, sürdürülebilirlik kararları ve açık mekan kararları alınmıştır. Bu çalışmanın bulguları ve yöntemi diğer benzeri projelerinin tasarım sürecine ve çocukların gelişim dönemlerini ve ilkelerini dikkate alarak farklı bölgelerde tasarlanacak olan çocuk oyun mekanlarına örnek oluşturabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Açık ve kapalı çocuk oyun alanları, çocuk gelişimi, oyun alanları tasarım kriterleri, Bornova Çocuk Dünyası Projesi, İzmir.

## **Introduction**

People expect their spaces to meet their needs and be designed for this purpose. Spatial planning and design stages are based on user groups. In this context, designing the spaces foreseen according to the physical, social and cognitive characteristics of the group users consisting of children, young people, the elderly and individuals with special needs is very important in terms of both livability and preference of the spaces (İnci, 2009; Pouya et al., 2016; Pouya et al., 2017a; Düzenli et al., 2018; Erdoğan ve Özbek, 2019).

Childhood, which is the most important period of human development, is a process and a period of life that makes up the specific characteristics of people (Türel, 1995; Muhacır and Özalp, 2016). Therefore, the space designs for groups of children by designers are of prime importance. From this point of view, designers' knowledge of child developmental psychology and their knowledge of the different needs caused by different developmental stages lead their designs. Spaces designed for children accordingly should serve to meet these different needs. Increasing concretion and the resulting reduction of open green spaces due to technological developments and rapid growth of the city have limited the relationship of children with the environment (Sugiyama and Thompson, 2007; Pouya and Demirel, 2016; Pouya et al., 2017b; Düzenli et al., 2018).

Childhood is classified as early childhood (2-6 years) and school ages (6-12 years), and knowing the development of children in this age range provides designers with ideas about their needs. Children in this age range experience the mental and physical healthy development (Ege Mimarlık, 2016; BIF, 2017). Physical development of children includes motor development and psycho-motor development consisting of biological and mechanical factors (Özerkan, 2004; Düzenli et al., 2018). Children's understanding and learning of the world as an individual, their development in their problem-solving ability and their mental activities reflect their cognitive development (Senemoğlu, 2011). Cognitive development improves the sense of discovery in children. The fact that children want to feel valued in their environment is the characteristic of their socio-emotional development and therefore their spaces should serve socialization, arousal, touch, and authority with complemented by games (Düzenli et al., 2018).

The most effective way for adults to develop a healthy personality is childhood games. The quality and duration of the games that take place in childhood are very important for the formation of personal identities of individuals (Huizinga, 1995; Düzenli et al., 2018). However, in the urbanized world, children's free playgrounds have been narrowed and that fact has caused children to be trapped between the four walls without interacting with the other children. This situation negatively affects the identity development of individuals. Games played during childhood enable individuals to socialize, understand, explore and question the world, find solutions on their own, take over responsibility, share and develop their imagination and creativity (Onur and Güney, 2004; Aksoy and Çiftçi, 2008; Akandere, 2013).

Outdoor games are very important for the healthy development of children. The games performed in these spaces provide that children gain social competence, increase their self-confidence and produce creative solutions to problems (Rivkin 1995, Düzenli et al., 2018). Also, outdoor spaces allow children to know different

people, to recognize water, soil, and nature, and to develop their hobbies by discovering their favorite objects (Clements, 2004; Bilton, 2004; Altıncekic and Sarı, 2005; Yucel, 2005; Yücesoy and Ç.Çanga, 2019). Game activities in open spaces contribute positively to the physical, psychological, social and sensory development of children. Therefore, the outdoor playgrounds designed for children should be functional and safe and should have design principles that will increase environmental and spatial perception.

In spatial designs for children, spatial features should have boundary elements and equipment to meet the children's play needs. These playgrounds should be appropriate to the dimensions of children and should serve their impulse to explore the world, understand and produce solutions to problems, perceive, dream and their creativity (Altıncekic and Sarı, 2005; Yucel, 2005, Pouya et al., 2016; Düzenli et al., 2018). In addition to the spatial organization of the playgrounds, the plant organization should be healthy and sufficient. The plant materials to be used in this context should provide the opportunity for children to recognize nature, to understand the ecological processes of plants and to support their physical, psychological, social and mental development. Poisonous, fruity, and prickly plants and plants that attract insects should be avoided, and plants resistant to child intervention should be preferred. Plant material designs should be realized that will alleviate children's sunbathing and the negative effects of dust, noise and wind and attract birds and butterflies (Kılıç, 2004; Çukur, 2011).

Outdoor spaces designed for children should have the criteria of colorfulness, mobility, and naturalness to allow to play games, explore and socialize. Based on the psychological effects of colors on people, it has been found that warm colors attract children's attention more (Altıncekic and Sarı, 2005; Yucel, 2005, Özdemir and Yılmaz, 2008). Mobility representing dynamism is defined as spatial density and supports children's movement, excitement, and discovery (Geboy et al., 2001). Naturalness criterion was found to be the reason why natural spaces are preferred in environmental experience researches. In open spaces, naturalness is defined by natural elements such as plants, water, and soil. The increase in planting due to the lack of structural surfaces increases the naturalness and it has been determined that it is more preferred than the spaces with structural density (Purcel and Lamb, 1984; Kaplan and Helbert, 1987; Ulrich, 1992; Özdemir et al., 2017).

Children's playgrounds are important places that provide opportunities for children's physical, social, psychological and mental development and thus healthy individuals. Therefore, the fact that designers have sufficient knowledge about the needs of children supports the design of healthy and preferred spaces. Thus, spaces designed for children must meet all the necessary criteria. This study, which was conducted in this context, aims to design spaces for children in Bornova district center within the scope of the Children's World Project organized by Bornova Municipality in Izmir, Turkey. To achieve this goal, it is aimed to design a public outdoor space that colorizes children's lives, attracts attention for families and schools, arouses curiosity, promotes exploration and creativity with exhibitions and training programs and increases the attractiveness of the city center. Within the scope of the study, the design processes for the children's playgrounds were realized step by step and as a result, indoor and open spaces in shopping mall were designed that incorporate the principles of colorfulness, mobility, and naturalness. This design process, which was determined by Bornova Municipality and carried out by expert jury members on the world of children and took into consideration the

physical, cognitive and socio-sensory development of children, was awarded the honorable mention awards according to its design principles. Therefore, the design process and purpose of this study set a good example of designing alternative attraction spaces for all children not only in Bornova but also in Izmir and the Aegean Region of Turkey.

## Material and Method

The work area of this project, which is realized by Bornova Municipality under the name of Children's World Project and owned by Bornova Municipality, covers an area of 4,859 m<sup>2</sup> and is located in Kazımdirik neighborhood in the east of Bornova district center of Izmir province. There are archaeological sites, residential areas, student village and shopping center around the project area (Figure 1). This project area is located to the south of the Bornova Forum shopping center (BBF), which is used extensively by the inhabitants of Izmir and the inhabitants of the surrounding cities and is at the focal point of the residential areas. The evaluation of the data of the city reveals that both the ease of access to the land and its location add a very central location to the study area.

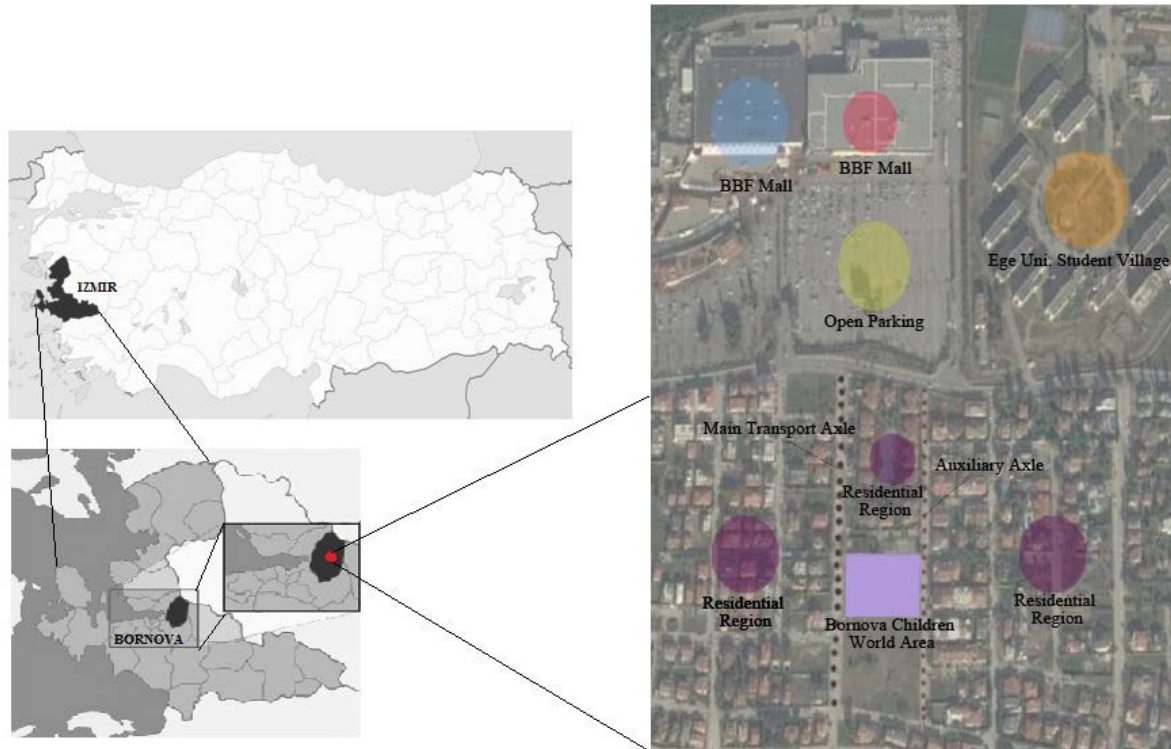


Figure 1. Project area, Bornova, Izmir, Turkey



The design process and design principles for children's playgrounds were applied step by step as a method in this competition where children's playgrounds had been requested in shopping mall. Accordingly, the design process of the competition project was actualized in four steps respectively including the presentation of the subject of the competition (1), determination of the current situation and the completion of the environmental analysis (2), creation of the necessity program (3) and drawing of the project for the indoor and outdoor playgrounds (4). The project was supported by the view, cross-section, perspective and detail drawings.

In the context of the exhibition of the competition subject for the study area (1), a literature review was conducted regarding the spaces and equipment for child development and playgrounds and sample projects were examined. Data were collected about the natural, cultural and historical landscape values of the study area and the data collected were evaluated and an environmental analysis reflecting the problems and opportunities in the area (2) was performed. Taking into account the problems and opportunities synthesized within the scope of environmental analysis, the needs program for the competition area (3) was listed. Finally, based on the specification of the competition project and the needs program, the final design product for the competition area was introduced. Accordingly, the project of indoor and outdoor spaces for children (4) has been completed by considering the principles of colorfulness, mobility, and naturalness. The final product was detailed with two-dimensional and three-dimensional representations. As a result, the specification of the project was taken into consideration by the designers and the settlement decisions, plan decisions, facade and material decisions, sustainability decisions and landscape design decisions were taken within the scope of this project.

## **Result**

Within the scope of the Bornova Children's World Project, the design process was carried out step by step following the specification and purpose of the project and each design process step was explained sequentially by the design and planning decisions taken by the designers.

## **Presenting the Subject of the Project**

The subject of the "Bornova Children's World Project" announced by the Bornova Municipality is the expectation to design an exploration environment that allows the child to learn the 'world' spatially. The competition is expected to serve children between the ages of 2-12 which are the first childhood and school years. In this context, indoor and outdoor spaces were designed to support their physical, cognitive and socio-sensory development. In this case, two important issues directed the concept of the competition by the designers to establish the relationship between spaces and child development. Two important issues to meet urban needs were the guiding elements in this design. As a result, supporting the development process of children with indoor and outdoor playgrounds and equipment (1) and realization of sustainable design with a conservation strategy (2) were the two important issues of the project that redounded to the design.



## Determination of the Current Situation and Environmental Analysis

The project area is located to the east of Bornova district center, the south of the Bornova Forum shopping center and in the middle of the residential areas. The project area is in interaction with its environment and there are an archaeological excavation area and a student village serving Ege University students around the area. Therefore, it has been determined that the area is connected with the historical texture and has the potential for intensive use due to the residential areas, shopping center, and student village. The soil structure of the project area, which is surrounded by a residential area, is suitable for planting. The east and west of the project area are limited by roads. Thus, a planting design that prevents dust, noise and wind should be made in the planting work. To determine the current status of the project area of 4,859 m<sup>2</sup>, a field study was carried out, photographs were taken and the requests of the users were asked. The area receives sunlight, has a slight slope that is below 5% and the prevailing wind direction is southeast and west. More than 50% of the average annual rainfall 700 mm is in winter, 40-45% in autumn and spring, and less than 5% in the summer. The analysis of these data enabled the determination of the needs program.

## Determination of the Needs Program

As a result of current situation determination and environmental analysis, within the scope of Bornova Children's World Project, entrance section (500 m<sup>2</sup>), shared areas (750 m<sup>2</sup>), exhibition, information and experience areas (2000 m<sup>2</sup>), management (400 m<sup>2</sup>), service and technical spaces (400 m<sup>2</sup>), shelter (250 m<sup>2</sup>), parking garage with a capacity of 50 cars (1500 m<sup>2</sup>) and outdoor space usages were considered within the scope of landscape and architectural needs program (Table 1).

**Table 1.** Needs program and contents of Bornova Children's World Project

<b>Bornova Children's World Architectural Project Needs Program</b>	
Entrance	Information, ticketing, gift shop, cafeteria, security, cloakroom
Shared Areas	Reading room (40-50 people), multi-purpose hall (250-300 people), celebration room for special occasions, 4 workshops (15 people), circulation and service areas
Exhibition-Information-Experience Rooms	Permanent and temporary spaces that support the physical, cognitive and socio-sensory development of children
Management	Executive and secretary rooms, 8 offices, open office, seminar room, a service niche
Service-Technical Spaces	Warehouse, repair and maintenance workshop, technical spaces, staff locker, and break rooms
Shelter	Organized according to the zoning law number 3194
Parking Garage	With a capacity of 50 cars
Outdoor Space Usage	Children's playgrounds, simulator rooms, circulation and service areas

## Presenting the Final Design Product

The relationship between the determined spaces according to the needs program and child development was established by indoor and outdoor space design of shopping mall supported by participatory programs and exhibitions for children, schools and their families who support creativity, learning, and discovering. By this means, an alternative center of attraction has been created in the Bornova city center. In this context, indoor and outdoor spaces of shopping mall were designed which serve the mental and physical healthy development of the child, which reflects the inner world of the child and thus provides the opportunity for the child to perceive the world. It is aimed for children to obtain information, learn, get to know their environment, socialize, gain experience, and have fun by playing in these spaces (Figure 2). The spaces and equipment that provide information, experience, and entertainment through games are created with a sustainable design model that prioritizes conservation strategy. For this purpose, settlement decisions, plan decisions, facade and material decisions, sustainability decisions and open space decisions that include original, qualified, functional, innovative and contemporary design solutions were taken.



Figure 2. Details of the Design Solution

**Settlement Decisions:** It is known that childhood is the most intense period in which emotions of exploring and perceiving the environment, creativity, gaining an identity, gaining trust, owning and socializing are experienced. For this reason, the most emphasized issue regarding the settlement decisions is the designing of indoor and outdoor spaces of shopping mall that enable the child to explore, perceive and question his/her environment, to make himself/herself feel secure, to produce solutions on its own, to gain responsibility, to make the child share, to expand imagination and to be on a child scale. In order to achieve this, a courtyard called “Children’s World” was designed on the east of the Bornova Children’s World structure located on the walls of

the land, which includes the principle of mobility that is one of the basic design principles of children's playgrounds, and permanent and temporary exhibition-experience areas. In the design, considering indoor and outdoor usage possibilities and multiple usage strategies, indoor area usage (gross construction area) was designed as 6200 m<sup>2</sup> and courtyard area representing outdoor area was designed as 670 m<sup>2</sup>.

Through the entrances that have been resolved in the North-South direction of the land, it is aimed to establish a relationship between the car parks included in zoning and under design process and the users (Figure 3). While determining the location of the building, the "Olive Trees", which occupy an important place in many mythologies throughout the history of humanity and are present in the field, were protected and used as a part of the design and thus the principles of colorfulness and naturalness, which are among the design principles of children's playgrounds, were provided.



**Figure 3.** Settlement Decisions

**Plan Decisions:** The spatial relationship that the exhibition, knowledge and experience areas and other functions will establish has been an important issue that has been carefully considered in the plan decisions. This relationship was established by connecting the permanent exhibition, information and experience areas on the ground floor with double entry and exit areas to the entrance halls and connecting the temporary exhibition, information and experience areas on the 1st floor to the corridor halls. With the solution provided by this

principle of mobility established in these children's playgrounds, it was ensured that the permanent and temporary exhibition spaces established relations with other spaces in a controlled manner and thus an independent "Children's World" was intended to be designed. Even if there is not a city street and exhibition function designed on the ground floor, the multi-purpose hall, sales units, cafeteria, birthday-celebration functions that are solved around this street aimed the building to be able to live in all periods (Figure 4).

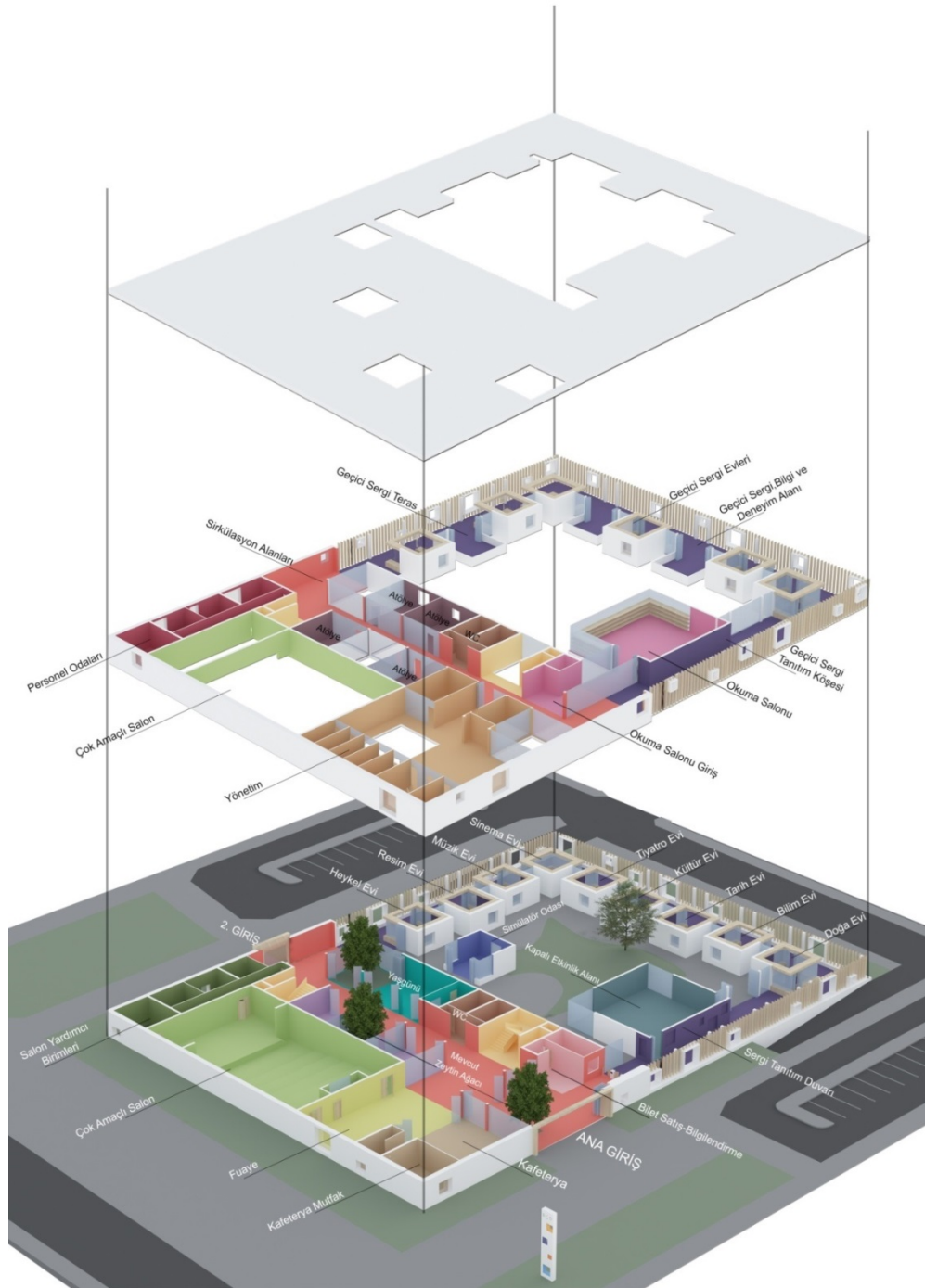
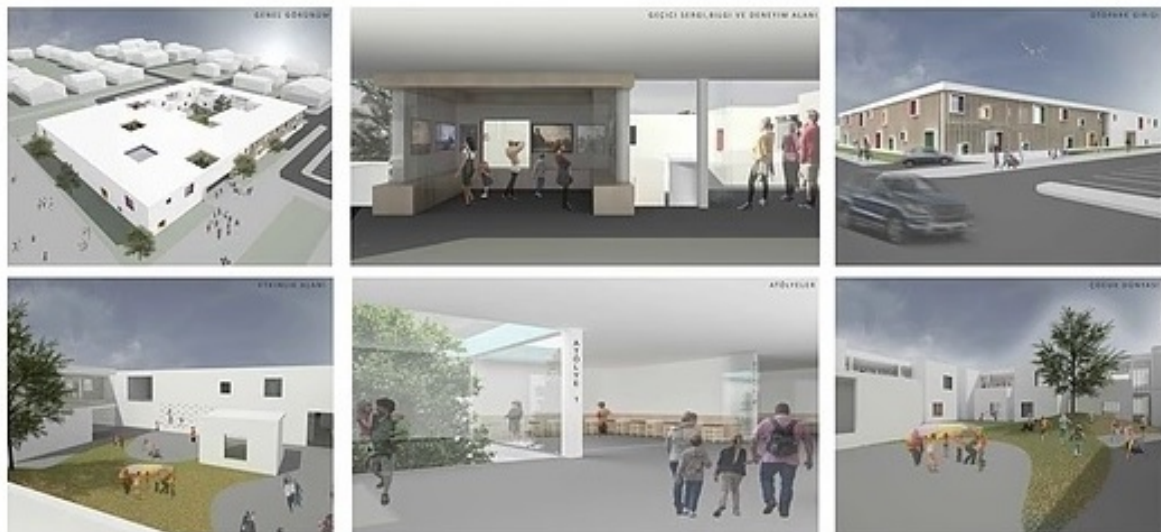


Figure 4. The Plan of Children World



**Facade and Material Decisions:** The most important issue to be considered when making decisions for facade design is that the spaces behind the facade are compatible with the identity of the space. The permanent and temporary exhibition, information and experience areas (Children's World), which add mobility and colorfulness to children's playgrounds, are designed as a wood-intensive facade to give a natural impression, while the facade of the unit where the other functions are located is formed by emptying concrete, which is a lean but heavy material. While choosing the material, by choosing the concrete, wood and glass materials that the child knows and meets the most, it was aimed that the child did not feel unfamiliar in the space. An interesting building perception was tried to be created with the colors constructed on the facades. Thus, the use of wooden materials, changes in material types and the use of different colors in the materials provided the application of the principles of naturalness, mobility, and colorfulness in the design of children's playgrounds.

**Sustainability Decisions:** The concept of sustainability, which maintains the balance of use and preservation, means the continuity of the properties and resource values of the spaces and corresponds with long-term investments. In the design, great importance was attached to the energy-efficient design solution in which passive systems were used and in this context, natural lighting and natural ventilation were provided and attention was paid to constructing the building orientation following the climate data (Figure 5). While the natural light requirement of the deep spaces was met with the spaces formed on the roof and the extending of the olive trees, the spaces were made to establish a direct relationship with the open air. Natural light needs to be taken to the permanent and temporary exhibition, information and experience spaces (Children's World) in a controlled manner. Therefore, to pass the natural light to these spaces, sunshades with wooden materials were designed on the facades of the indoor spaces. Thus, with the energy-efficient design, energy expenditures have been aimed to be minimized in the long run.



**Figure 5.** Sustainability Decisions

**Outdoor Space Decisions:** With the structural use of the Children's World project, which was planned to be built in the Bornova district of the province of Izmir, the plant design was intended to be functional and particularly compatible with indoor and outdoor spaces. The low-rise situation in the project area, the perception of different elevation in the transportation/use of these areas and the relevant consistency in the environment relations, along with the outdoor space decisions, customized the projected design and the richness in use and day-night uses were supported.

Light green spaces were designed in the courtyard area considering the mass-space relationship of the landscape structure. The green zones surrounding the structure are surrounded by *Buxus Sempervirens 'Rotundifolia'* (golden leaf common box) which is a circular and short shrub and the entry points are highlighted with *Buxus Sempervirens 'Pyramidalis'* (pyramid-shaped boxwood). The fact that they are short and continuous puts forward the landscape and architectural structure. In addition to preserving the existing olive trees (*Olea europaea*), Bonsai olive trees were added as a suggestion and the continuation of the color and textural effect of the olive trees supported the mobility and naturalness of the children's playgrounds. In the selection of plant species, the use of plants carrying poisonous leaves, flowers, and fruits was avoided. In the plant design decisions, non-evergreen trees that have the function of shading, wind prevention, noise reduction, and dust retention from paths, evergreen pyramidal bushes that create emphasis and focus, as well as colorful flowers and shrubs that attract birds and butterflies were recommended to be used and all the design criteria, which consist of colorfulness, mobility, and naturalness in children's playgrounds, were applied.

The inner garden, which was designed following the typology of the courtyard building located in the proposed project, was proposed as a child gathering space. To make this courtyard attractive, Bonsai olive tree was intended to be used as a solitary plant. At the same time, the plants can continue to live due to their form and space, they enriched the use of the inside of the building and thus mobility and naturalness have been brought to the study area. In addition to the visual richness of the courtyard, this courtyard has been transformed into a breathing zone of the structural fabric, meeting the need for air and light. In regions with structural areas, slope and elevation relationship were appropriately addressed for all users and access to the spaces was solved by walkways, ramps, and stairs.

Within the scope of the project, the colorfulness, mobility and naturalness criteria of children's playgrounds were evaluated with the indoor and outdoor design to supply the mental and physical healthy development of the child user groups. This project attracted attention in terms of designing indoor space with calm outdoor playgrounds as linked to the principle of mobility. In this context, the courtyard structure in the indoor space was evaluated in a holistic design with indoor spaces has gained importance in terms of providing an accessible, safe and free environment for users of families and children. For this purpose, the waterproof and slip resistant flooring materials with playful and colorful patterns were preferred to supply colorfulness and mobility, the movable cube game modules and seating units were preferred to encourage the mobility and child imagination, the plant material that changes color in all seasons were used to supply colorfulness and naturalness criteria increasing awareness of plant growth and seasonal change. The calm and simple design criteria with natural structure and plant materials of the indoor and outdoor spaces, were lively and colorful, enriching the design.

The needs program was determined following the requirements of indoor and outdoor playgrounds. The indoor and outdoor playgrounds were found to support the physical, cognitive and socio-sensory development of children.

## **Discussion and Conclusion**

This study, which is evaluated within the scope of Children's World Project organized by Bornova Municipality, aims to design indoor and outdoor playgrounds that reflect the world of children in Bornova center. Within the scope of this project, which won an honorable mention, an alternative public space, which colorized the lives of children, attracted children's interest with their families, aroused curiosity, increased discovery and creativity, supported with exhibitions and educational programs, and increased the attractiveness of the city center, was aimed to be designed. These designed spaces were expected to create a remarkable focus for child users. In this context, in this study, which provides an alternative education and entertainment place in the city, two important issues have been the guiding elements. Supporting children's development processes with indoor and outdoor playgrounds and equipment, and the realization of sustainable design with a conservation strategy are two important issues that are reflected in the design of the project.

Childhood between 2 and 14 years of age is the most important period of human development (İnci, 2009; Düzenli et al., 2018). Physical, cognitive and socio-sensory characteristics of children are shaped in this period (Türel, 1995; Muhacır and Özalp, 2016; Pouya et al., 2016; Pouya et al., 2017b). In this context, children need to spend this period in healthy environments, which meet their needs of discovering, questioning, perceiving, learning, gaining an identity, socializing, and having fun, for their physical and mental health. Therefore, spaces designed for child users should support their mental and physical healthy development (Erdoğan ve Özbek, 2019). The realization of the appropriate designs enables the spaces to be preferred and therefore their sustainable use. From this point of view, designers who design indoor and outdoor playgrounds for child users should have knowledge on the developmental psychology of children and have information about the requirements of these developmental periods or should work interdisciplinary with pedagogues. Especially due to the rapid urbanization and technological developments at the present time, the decrease in the use of outdoor playgrounds or being stuck between the building masses captures the individuals in their childhood between four walls or computer or tablet screens (Sugiyama and Thompson, 2007; Pouya and Demirel, 2016; Pouya et al., 2017a; Düzenli et al., 2018). For this reason, the principles of colorfulness, mobility, and naturalness that enrich the design of children's playgrounds and increasing the length of time that children stay in playgrounds, whether indoor or outdoor, will support children's physical, mental and socio-cultural development positively.

Children playgrounds designed in light green spaces allow child users to recognize their environment and individuals of their age groups, explore nature, water, and soil, socialize and improve their hobbies (Clements, 2004; Altıncekic and Sarı, 2005; Yucel, 2005; Bilton, 2010). Light green spaces should be designed following the developmental stages of children. For this purpose, the fact that these spaces contain design principles that

will increase environmental and spatial perception, functional structure, reliability, and accessibility increase the sustainable use of the space. Therefore, in order for child users to gain identity and self-confidence, to discover themselves and their environment and to socialize, indoor and outdoor children's playgrounds built should contain the criterion of colorfulness which uses the psychological effects of colors, mobility criterion that determines the dynamics of the place and naturalness criteria that use natural landscape elements (Altıncekiç and Sarı, 2005; Yücel, 2005; Özdemir and Yılmaz, 2008; Düzenli et al., 2018). Within the scope of this project, the physical, cognitive, socio-sensory developmental stages of children and the color, mobility and naturalness design criteria of children's playgrounds were handled within the framework of an integrated design, accordingly, indoor and outdoor playgrounds were designed consisting of exhibition-information-experience spaces, workshops, and courtyards and the award is won. Within the context of the study, the design process was realized step by step. The findings and methodology of this study may be an example for children's playgrounds to be designed in different regions, taking into account the design processes of other similar playground projects in shopping mall and the developmental periods of children and the relevant principles.

This design work, which was discussed within the scope of "Bornova Children's World" architectural and landscape project, won the honorable mention. Within the scope of the project, children's playgrounds that support the the mental and physical healthy development of children were designed according to the criteria of colorfulness, mobility, and naturalness. Within the context of this study, the first three awards of the competition were addressed according to the physical, cognitive and socio-sensory development of the child user groups and the colorfulness, mobility and naturalness criteria of children's playgrounds and they were compared with the indoor and outdoor design understanding of this project which received the honorable mention. Accordingly, the project which was awarded the first prize attracted attention in terms of designing indoor playgrounds with calm spaces as opposed to the principle of mobility. The fact that the courtyard structure in the indoor space is handled in a holistic design with indoor spaces has gained importance in terms of providing an accessible, safe and free environment for users of families and children. The courtyard, which represents the interior as opposed to the calm and simple stance of the indoor space, is lively and colorful, enriching the design. The needs program was determined following the requirements of indoor and outdoor playgrounds. The indoor and outdoor playgrounds were found to support the the mental and physical healthy development of children. However, the slope between the entrance and the exhibition area, the problem about the bearing, the usage of the building facades facing the courtyard and the courtyard design preventing the natural air circulation, the lack of access of natural light and air to the exhibition area on the basement floor, insufficient fire escape points there and lack of wet areas were criticized. The playground area has been transformed into a breathing zone of the structural fabric, meeting the need for air and light as well as the visual richness of the courtyard. The structural areas, slope and elevation relationship were appropriately addressed for both children and their families and access to the spaces was solved by walkways, ramps, and stairs. Also, the relationship between the exhibition areas and the floor code and the proposed partitioning were found to be quite weak. It was found that the accessibility of indoor exhibition-information-experience areas to the interior space, illumination, and ventilation were insufficient. Thus, an



emphasized important point is that this situation will cause limitation of use and may cause psychological problems on child users due to its darkness and poor accessibility (Ege Mimarlık, 2016; BIF, 2017).

The project, which was awarded the second prize, was able to stand out from a massive mass effect with its structure design consisting of indoor and outdoor spaces of shopping mall. The most striking feature of the project is the spatialization of a track, which connects different elevations with surfaces with different slopes including children exploring, knowing and learning their environment, based on the principle of mobility. It is noteworthy that playgrounds in indoor and outdoor spaces offer different options and reveal continuity throughout the project area. The consistency of spatial continuity with different circulation networks in indoor and outdoor spaces has led to the formation of a spatial structure that reflects the criteria of mobility and colorfulness. The use of accessibility between the exhibition-information-experience areas and the indoor space has provided the child users the opportunity to move freely in a free environment. The indoor and outdoor playgrounds were determined to support the the mental and physical healthy development of children. Significant shortcomings were identified in emergency exits and limited access by some individuals with special needs was criticized (Ege Mimarlık, 2016; BIF, 2017).

The project, which received the third prize, used the mobility design principle primarily in indoor and outdoor design of shopping mall. In this context, the spatial arrangements designed as radial and elliptical have been the most striking features of the project. The connection of the structural mass covering the indoor spaces with the inner courtyard directly from the entrance section increased the visual relationship and spatial continuity. Children's playgrounds in indoor and outdoor spaces were found to support the children world dream. However, outdoor use was found to be insufficient. The poor access to the administrative section of the project and the location and ordinary design of the temporary exhibition area were criticized (Ege Mimarlık, 2016; BIF, 2017).

In the project, on which this project is based and which was awarded the honorable mention, the indoor and outdoor spaces reflecting children's world were designed with the principles of colorfulness, mobility, and naturalness. The facts that permanent exhibition and information-experience areas are in harmony with the structural mass that includes indoor spaces and the settlement decision is taken following the topography and also the landscape equipment and plant design concept used in outdoor usage decisions have added colorfulness, mobility, and naturalness to the design process of the project. It has been deemed appropriate to ensure the continuous connection of the indoor spaces to the outdoor space consisting of the courtyard and to establish a direct relationship with the natural lighting and natural ventilation in the indoor spaces. The facade materials used in different colors and materials provided color and mobility to indoor and outdoor playgrounds and wooden facade cladding used in addition to glass and concrete brought naturalness to these spaces. Plant materials were designed to provide limited children's sunbathing and to protect the negative effects of dust, noise and wind and attract birds and butterflies. The plant materials were provided the opportunity for children to recognize nature, to understand the ecological processes of plants and to support their physical, psychological, social and mental development. To emphasized the naturalness of the open children playground the plant materials were used in this project. Light green spaces were designed in the courtyard area considering the

mass-space relationship of the landscape structure with local plants of Izmir were used for easy adaptation and use of familiar plants. Therefore the deciduous and unbranched from bottom supplied shade for children were used in outdoor garden with border brushes to ensure and to create human-scale space both for families and children. In addition, interesting plants and colorful flowers were used to connect indoor and outdoor spaces. The indoor and outdoor playgrounds built were determined to support the physical, cognitive and socio-sensory development of children. However, although the location of the study area was designed following the topography, the lack of access to indoor and outdoor spaces by individuals with special needs and the lack of skill areas that enable children to develop their imagination were criticized (Ege Mimarlık, 2016; BIF, 2017)..

## **Acknowledgment**

No ethics commission permission is required in this manuscript. All authors participated in the conception of the topic. All authors read and approved the final manuscript after critically revising it for important content. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

## **References**

- Akandere, M. (2013). Eğitici Okul Oyunları. Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Aksoy, B.A, Çiftçi H.D. (2008). Erken Çocukluk Döneminde Gelişimi Destekleyen Oyunlar. Pegem Yayıncılık, Ankara.
- Altınçekiç. H., Sarı, Y. 2005. An Evaluation of Children Playground Settings in Bartın. FORESTIST, 55: 33-45.
- BIF (2017). Bornova Çocuk Dünyası Proje Yarışması. Bornova İçin Fikirler, Bornova Belediyesi Yayını, ISSN:2149-7710.
- Bilton, H. (2004). Playing Outside: activities, Ideas and Inspiration for the Early years. David Publishers, London, United Kingdom.
- Clements, R. (2004). An Investigation of the Status of outdoor Plays. Contemporary Issues in Early Childhood 5(1), 67-78.
- Çukur, D. (2011). Okul Öncesi Çocukluk Döneminde Sağlıklı Gelişimi Destekleyici Dış Mekan Tasarımı. Turkish Journal of Forestry, 12(1), 70-76.
- Düzenli, T., Yılmaz, S., Alpak E.M. (2018). Farklı Yaş Gruplarına (Çocuk-Genç-Yaşlı) Yönelik Kentsel Açık Mekanların Peyzaj Tasarım Kriterleri. İKSAD Yayın Evi.
- Ege Mimarlık (2016). Bornova Belediyesi Çocuk Dünyası Proje Yarışması ve Kolokyumu. Ege Mimarlık Dergisi, Temmuz, 16-29.

- Erdoğan, E., Özbek, O. (2019). Basic Design and Visual Perception in Landscape Architecture Education. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), s. 249-263.
- Geboy, L.D., Moore, K.D., Weisman, G., Alden, A., Mleziva, S., Taneli, Y., Wroblewski L. (2001). *Designing a Better Day: Adult Day Centers Comparative Case Studies*. Center for Architecture and Urban Planning Reserach.
- Huizinga J. (1995). *Homo Ludens: Oyunun Toplumsal İşlevi Üzerine Bir Deneme*. Ayrıntı yayınları, İstanbul.
- İnci, E. (2009). *Erken Çocukluk Dönemi Öğrencilerinin Değer Yönelimlerinin Sosyo-Ekonomik Düzey, Yaş ve Cinsiyet Değişkenlerine göre İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Kaplan, R., Helbert, E.J. (1987). Cultural and Subcultural Comparisons in Preferences for Natural settings. *Landscape and Urban Planning*, 14, 291-295.
- Kılıç, Ö.G. (2004). *Ailesi ile Birlikte Yaşayan ve Çocuk Yuvasında Kalan Çocukların Görsel Algılama Davranışı ile Okul Olgunluğu Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Onur B., Güney, N. (2004). *Türkiye’de Çocuk Oyunları: Araştırmalar*. Ankara üniversitesi, Çocuk Kültüre Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, 12, Ankara.
- Özdemir, A., Yılmaz, O. (2008). Assessment of Outdoor School Environments and Physical Activity in Ankara’s Primary Schools . *Journal of Environmental Psychology*, 28 (3), 287-300.
- Özdemir, I.B., Kablan, Y., Sayitoğlu, Ç., Nasin, D., Odacı, S. (2017). Users’ Impact on Utility of Urban Furnitures. *The Journal of Academic Social Sciences*, 151-164.
- Özerkan, K.N. (2004). *Spor Psikolojisine Giriş: Temel Kavramlar*. Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Pouya, S., Demirel, Ö. (2016). Ortopedik Engelli Çocukların İyileştirilmelerine Yönelik Planlama Yaklaşımı: ODTÜ Eymir Gölü örneği (Ankara). *FORESTIST*, 69 (1):11-21
- Pouya, S., Bayramoğlu, E., Demirel, Ö. (2016). Doğa ile Uyumlu Fiziksel Engelli Çocuk Oyun Alanları. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1 (1): 51-60.
- Pouya, S., Demir, S., Demirel, Ö. (2017). Engelli Çocuklara Yönelik Oryantiring Oyunları. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(4): 608-618.
- Purcel, A.T., Lamb, R.J. (1984). Landscape Perception: An Examination and Empirical Investigation of Two Central Issues in the Area. *Journal of Enviromental Management*, 19, 31-69.
- Rivkin, M.S (1995). *The Great Outdoors: Restoring Children’s Right To Play Outside*. Washington, Dc: Naeyc.
- Senemoğlu, N. (2011). *Gelişim, Öğrenme ve Öğretim (Kurumdan Uygulamaya)*. Gönül Yayınevi, İstanbul.
- Sugiyama, T., Thompson, W. (2007). Measuring the Quality of the Outdoor Environment Relevant to Older People’s Life. Ward Thompson & P. Tranlou (Eds), *Openspace: people Space*, 153-163. Abinhdon, United Kingdom, Routledge.

Ulrich, R.S. (1992). How design impacts wellness? *Healthcare Forum Journal*, 20, 20-25.

Yücel, G.F. 2005. Design of Playgrounds for Children. *FORESTIST*, 55: 99-110.

Yücesoy, N., Ç. Çanga, A., 2019. Tema Parkları ve Bursa Odaklı Park Temalarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), s. 249-263.



## Responses of *Spinacia oleracea* L. cv. Matador Plants to Various Abiotic Stresses Such as Cadmium Metal Toxicity, Drought and Salinity<sup>A</sup>

Ayşegül AKPINAR<sup>1\*</sup>, Asuman CANSEV<sup>2</sup>, Deniz Zahide ALTINŞEKER ACUN<sup>3</sup>

**Abstract:** *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants produced in many regions are exposed to many abiotic stresses from drought to metal toxicity. In this study, the effects of drought (control: 100% field capacity (FC), D1: 50% FC and D2: no-watering), salinity (100 and 200 mM NaCl) and cadmium (Cd; 100 and 200 µM CdCl<sub>2</sub>) metal toxicity, which are among the most common abiotic stress factors, on spinach plants were determined at the cellular level. There was not determined any alterations along 10 days' drought, salinity and Cd stress in dry and fresh weights of spinach plants grown in plant growth chamber, in which there is a 16-hour photoperiod under a light intensity of 1200 lux at 24°C/20°C (day/night). However, all treatments caused oxidative stress. Cd treatments were more structurally damaging than drought and salinity treatments. In drought and salinity treatments, chlorophyll content and dry weight did not change despite the increased superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activities. The highest values in SOD activity were obtained at D2-drought treatment and 200 mM salinity treatment. SOD activity determined in Cd treatments was also increased compared to control, but this increase was lower than the other treatments. Thus, it can be considered that CAT enzyme is primarily scavenger of reactive oxygen species (ROS) in spinach plants under Cd stress. As a results, spinach plants had an ability to cope with this stresses. The different responses of spinach seedlings to various stress factors provide

<sup>A</sup> It was declared that no ethics committee permission was required.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup>Ayşegül AKPINAR, Vocational School of Higher Education, Bilecik Şeyh Edebali University, 11230, Bilecik-Turkey, agulugur@gmail.com, [OrcID 0000-0002-4606-0645](https://orcid.org/0000-0002-4606-0645)

<sup>2</sup> Asuman CANSEV, Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University, 16059, Bursa, Turkey, [OrcID 0000-0002-3353-846X](https://orcid.org/0000-0002-3353-846X)

<sup>3</sup> Deniz Zahide ALTINŞEKER ACUN, Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University, 16059, Bursa, Turkey, [OrcID 0000-0002-9716-3900](https://orcid.org/0000-0002-9716-3900)

for estimate of the plant's powerful physiological mechanism. In the continuation of this study, it is recommended to conduct molecular studies and to investigate of the cellular responses to long-term stress on *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants, which we found to be tolerant to short-term stresses.

**Keywords:** Abiotic stress, antioxidative defense system, cadmium, drought, salinity, *Spinacia oleracea* L. cv. Matador.

## Tuzluluk, Kuraklık, Kadmiyum Metal Toksikitesi gibi Çeşitli Abiyotik Streslere Matador Çeşidi *Spinacia oleracea* L. nın Verdiği Yanıtlar

**Öz:** Birçok bölgede üretilen Matador çeşidi *Spinacia oleracea* L. bitkisi, kuraklıktan metal toksisitesine kadar birçok abiyotik strese maruz kalmaktadır. Bu çalışmada Matador çeşidi ıspanak bitkilerinde en yaygın abiyotik stres faktörlerinden kuraklık (kontrol: %100 tarla kapasitesi, D1: %50 tarla kapasitesi ve D2: tam kuraklık koşulları), tuzluluk (100 ve 200 mM NaCl) ve kadmiyum (Cd; 100 ve 200 µM CdCl<sub>2</sub>) metal toksisitesinin hücresele düzeyde etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda 10 günlük kuraklık, tuzluluk ve Cd stresi boyunca 24°C/20°C'de (gündüz/gece) 1200 lüks ışık yoğunluğu altında 16 saatlik fotoperiyodun bulunduğu bitki büyüme odasında yetiştirilen Matador çeşidi ıspanak bitkilerinin kuru ve yaş ağırlıklarında herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, tüm stres uygulamaları oksidatif strese neden olmuştur. Cd uygulamalarının, ıspanak bitkilerinde kuraklık ve tuzluluk uygulamalarına göre yapısal olarak daha zarar verici olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık ve tuzluluk uygulamalarında, klorofil içeriği ve kuru ağırlık, artan süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) aktivitesine rağmen değişmemiştir. SOD aktivitesinde en yüksek değerler, D2-kuraklık uygulamasında ve 200 mM konsantrasyonunda tuzluluk uygulamasında elde edilmiştir. Cd uygulamalarında belirlenen SOD aktivitesi de kontrole göre artmıştır ancak bu artış, diğer uygulamalardan daha düşüktür. Bu nedenle, Matador çeşidi ıspanak bitkilerinde Cd stresi altında CAT enziminin esas olarak reaktif oksijen türleri (ROS) nin temizleyicisi olduğu düşünülebilir. Sonuç olarak, Matador çeşidi ıspanak bitkilerinin bu streslerle başa çıkma yeteneği vardır. Çeşitli stres faktörlerine ıspanak fidelerinin verdiği farklı yanıtlar, bitkinin güçlü fizyolojik mekanizmasının tahminini sağlar. Bu çalışmanın devamında, kısa süreli streslere toleranslı olduğunu tespit ettiğimiz Matador çeşidi *Spinacia oleracea* L. üzerinde moleküler çalışmaların yapılması ve uzun vadeli strese hücresele tepkilerin araştırılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Abiyotik stres, antioksidatif savunma sistemi, kadmiyum, kuraklık, Matador çeşidi *Spinacia oleracea* L., tuzluluk.

## Introduction

Spinach (*Spinacia oleracea* L.) is a one-year culture plant and is cultivated with seeds (Bender Özenç and Şenlikoğlu, 2017). According to FAO (2018), spinach cultivation in the world is 27.9 million tons. China is the first in this production; Turkey is in the 4<sup>th</sup> place with approximately 225,000 tons of production. Spinach production is carried out in all regions of Turkey except the Eastern Black Sea Region (Sertkaya, 2015). It is exposed to many stress factor like that drought, salinity, heavy metal stress due to it is grown almost everywhere. Extreme temperatures, water scarcity (drought), and ion toxicity (salinity, heavy metals) are the major causes which adversely affect the many plant growth and productivity in worldwide (Mahajan and Tuteja, 2005; Tuteja, 2007; Khan and Singh, 2008).

Drought is the biggest factor among these stress factors with its 26% rate (Farooq et al., 2009; Bayram Erdoğan, 2018). It affects all plant development stages from germination and vegetative growth to reproductive (Hossain et al., 2012; Ahmad et al., 2018). Many growth variables and functions at these stages are affected by stress caused by water deficiency (Nezhadahmadi et al., 2013). Like most vegetables, water deficit for also spinach is a significant limitation (Xu and Leskovar, 2015). There was reported that it a sensitive species to water stress (Yurtyeri et al., 2014). Increasing drought levels due to global warming on earth causes an increase in salinity of agricultural land. Therefore, salinity is other major environmental stress factor that have serious negative effects on plant growth and development (Bartels and Sunkar, 2005; Liang et al., 2018). Salinity not only severely restrict agricultural production in hot-arid and semi-arid regions (Belmecheri-Cherifi et al., 2019), but is also big problem for greenhouses (Du et al., 2015). Both drought and salinity cause stress by disrupting the ionic and osmotic balance (Mahajan and Tuteja, 2005). These conditions reduce leaf cell expansion and stomatal conductance. While reduction in the intake of CO<sub>2</sub> and increased level of oxygen primarily results in decrease of the photosynthesis rate, it causes production of reactive oxygen species (ROS) via electron transport chain (ETS) which operates in chloroplasts (Taiz and Zeiger, 2002; Anjum et al., 2011; Osakabe et al., 2014; Ahmad et al., 2018).

Like that, heavy metal stress also causes ionic stress in plants. Especially Cd is become one of the major constraints for food safety and soil quality via liquid and soil manure (or their derivate, compost, or sludge) or fertilizers derived from phosphate rocks mostly used in agriculture (Atafar et al., 2010; Roberts, 2014; Younis et al., 2016). Vegetables like spinach are grown in pre-urban soils interacted with raw city effluents containing Cd (Khan et al., 2015; Liu et al., 2015). Spinach is a leafy vegetable comprising broad with green leaves with large surface area, relatively higher growth rate, and metal accumulation ability (Bagheri et al., 2013; Alia et al., 2015). Recently, *S. oleracea* L. and its varieties have been researched in a number of scientific studies to observe their growth and toxicity responses to Cd contaminations (Dhongade and Nandkar, 2011; Alia et al., 2015; Pinto et al., 2017). It was indicated in some researches that Cd accumulation is in spinach and translocate to its up ground parts (Verma et al., 2007; Rezakhani et al., 2013). However, there is still a lack of information about physiological responses of *Spinacia oleracea* L. cv. Matador such as biomass, yield, chlorophyll content, stomatal size and transpiration rate, the water and nutrient uptake and ROS production, against not only Cd, but

also other ionic and organic stress. Therefore, it is necessary to reveal each of the responses to these stress factors in *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants. The responses of spinach to these stress conditions will create important data to be used in the cultivation of these plants, which are frequently used by people and grown widely in the world and in our country. In this study, we aimed to determine the responses of spinach at the cellular level under various abiotic stress conditions such as drought, salinity and Cd concentrations. For this purpose, drought (control: 100% field capacity (FC), D1: 50% FC and D2: no-watering), salinity (100 and 200 mM NaCl) and cadmium (100 and 200  $\mu$ M CdCl<sub>2</sub>) were applied to spinach seedlings grown under the same conditions.

## Material and Method

### Plant material and growth conditions

In this research, *Spinacia oleracea* L. cv. Matador, widely grown in Turkey as plant material, was used. Seeds was planted to 72-cell viols containing peat (Klasmann Rec119 Potgrond H) as one seed in each eye. After 4 weeks, seedlings were transferred to 14 x 12 cm pots containing a mixture of peat / perlite (1:1). Seedlings were grown in plant growth chamber, in which there was a 16-hour photoperiod under a light intensity of 1200 lux at 24°C/20°C (day/night). Growing seedlings were irrigated with Actagro (7-7-7) Nutrient Solution.

### Abiotic stress treatments

The 8 weeks-old seedlings were divided into four basic groups to investigate responses to salt, drought and Cd stresses. All plants were fertilized in Actagro (7-7-7) Nutrient Solution. The first group: Control group; the second group: The experimental groups exposed to two different Cd concentration (100 and 200  $\mu$ M, supplied as CdCl<sub>2</sub>), the third group: The experimental group created according to gravimetric method (Khorasaninejad et al., 2011), so; control: 100% field capacity (FC), D1: 50% FC and D2: no-watering. And last group: The experimental groups exposed to two different NaCl (100 and 200 mM) concentration. The all treatments were maintained for 10 days.

### Growth measurement

The measurements after the plants are harvested, was stated as fresh weight (FW, g). The dry weight (DW, g) was measured after oven-drying of the samples at 80°C until the weight was constant.

### Leaf relative water content (RWC, %) and turgor loss (%)

The analyses related to water status of the leaves were measured according to the method described by Arefian and Shafaroudi (2015). Approximately 1 cm leaf discs were weighed (Fresh Weight, FW) and so put in a petri dish containing deionised water for 4 h. Then blotted and weighed (Turgid Weight, TW). For the dry weight (DW), leaf discs were oven-dried (48 h, 70°C). Leaf RWC and turgor loss were estimated as follows:  $RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$ ,  $Turgor\ loss = (TW - FW) / TW \times 100$ .



### **Chlorophyll assay**

The leaf chlorophyll values in the spinach plants was determined by a portable chlorophyll meter (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) and given as SPAD value. SPAD measurements were made on the fully expanded leaves, then averaged.

### **Ion leakage**

Percent of ion leakage for spinach leaf tissue was measured by using the procedure of Arora et al. (1998), with some modifications of Gulen and Eris (2003). Leaf discs were cut (2cm) and lightly rinsed in distilled water, gently blotted with paper, and one disc per tube containing water (20mL) was placed. Samples were then vacuum infiltrated to allow uniform diffusion of electrolytes and incubated for 4 h at room temperature. After incubation, electrical conductivity of each solution (EC1) was measured using a conductivity meter (WTW Cond 315i, Weilheim, Germany). Leaf discs were then autoclaving in the same solution, and total conductivity was measured at room temperature (EC2). Percentage of leakage each treatment was calculated using the equation: %Ion leakage=(EC<sub>1</sub>/EC<sub>2</sub>) x 100.

### **Antioxidative Enzymatic Assay**

Plant extraction were performed according to the method by Ardiç et al. (2009). One g fresh leaf samples were homogenized with buffer solution [50 mM Na-phosphate buffer (pH 7.8), 2% (w/v) polyvinylpyrrolidone (PVP), 1 mM EDTA] in an ice bath. Then they were centrifuged at 14.000 g (40 min, 4°C). The supernatants were used in SOD and CAT activity analyses. The SOD activity (EC 1.15.1.1) was determined according to the method of Beuchamp and Fridovich (1971). This method is based on the inhibition of the nitroblue-tetrazolium at 560 nm (Novaspec II LKB Biochrom). SOD assay kit (SOD S7446, Sigma-Aldrich, USA) was used in the preparation of standards. The activity of enzyme was determined according to the linear equation which was obtained from the curve after the calculation of % inhibition, it was expressed as units per mg protein (U/mg protein).

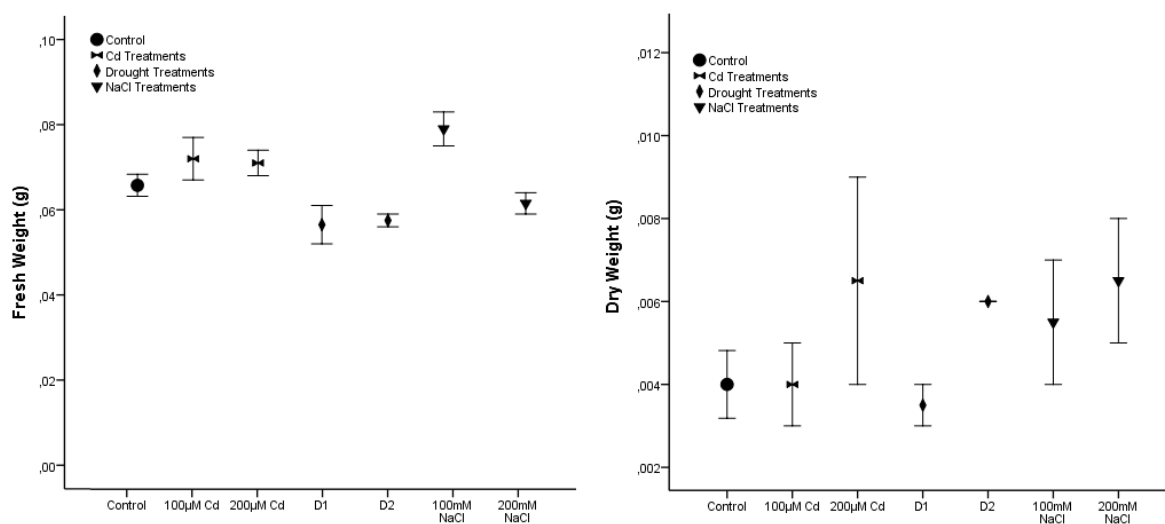
The CAT activity (EC 1.11.1.6) was assayed with some modification (Lester et al., 2004) and the activity of both enzyme was also expressed as units per mg protein (U/mg protein). For CAT activity, 0.1 mL supernatant was added to 20 mM sodium phosphate buffer (pH 6.8) and 15 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. The change in absorbance was measured at 240 nm for 3 minute (Shimadzu UV-2100).

### **Statistical analysis**

The experiment was arranged in a randomized block design with three replications and for 4 plants in each repeat. ANOVA were tested by SPSS 13.0 for Windows program.

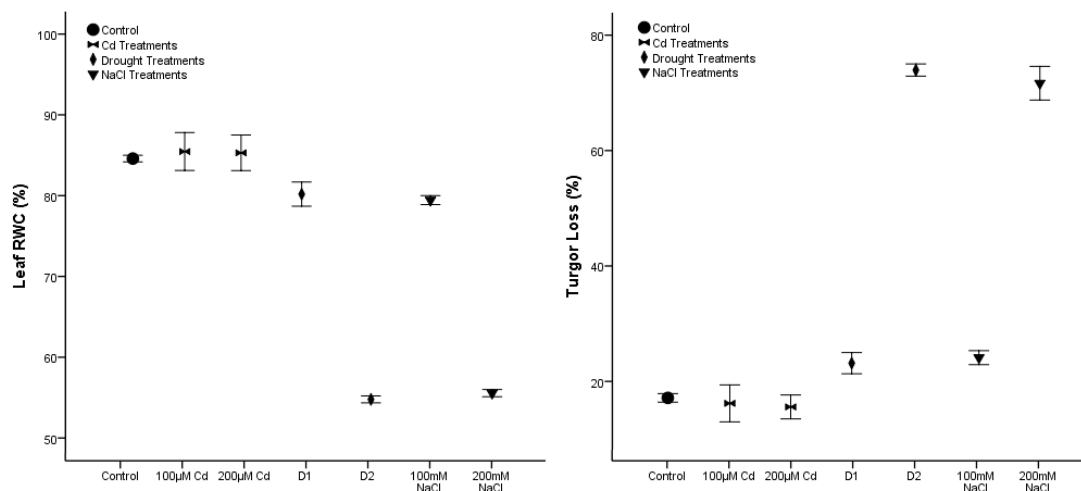
## Results

In the present, different concentrations of cadmium (Cd) (100 and 200  $\mu\text{M}$ ), drought (D1: 50% FC and D2: no-watering) and salinity (100 and 200 mM) treatments were separately applied to spinach plants grown under the same controlled conditions. Figure 1 shows the alterations occurred in dry and fresh weights of *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants. According to this, there was no negative effect on dry and fresh weight in both two different Cd treatments. As shown in Figure 1, whereas salinity treatments did not cause any decrease in the dry weight of spinach plants, fresh weight decreased statistically in only 200 mM NaCl treatment ( $p < 0.05$ ). In the drought conditions, both treatments caused a similar decrease in fresh weight (Fig. 1), and it was statistically significant ( $p < 0.05$ ) findings. Reduced in growth under drought are caused by altered water relations. Because, in dry weight of spinach plants, statistically a significant decrease was not determined in any treatments (Fig. 1).



**Figure 1.** Fresh Weight (FW) and Dry Weight (DW) in *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants exposed to Cd, drought and salinity treatments. Data points represent means and standard errors ( $n=4$ ).

The changes in leaf relative water content (RWC, %) and turgor loss (%) of spinach plants was shown in Figure 2. No change in leaf RWC was observed in Cd treatments. These results are compatible with leaf dry and fresh weight values in this study. When the average leaf turgor loss values were evaluated, it was not also determined any change in Cd treatments (Fig. 2). In both drought and salinity treatments, while the leaf relative water content (%) in spinach plants decreased, turgor loss (%) increased similarly together with increasing in concentration ( $p < 0.05$ ).



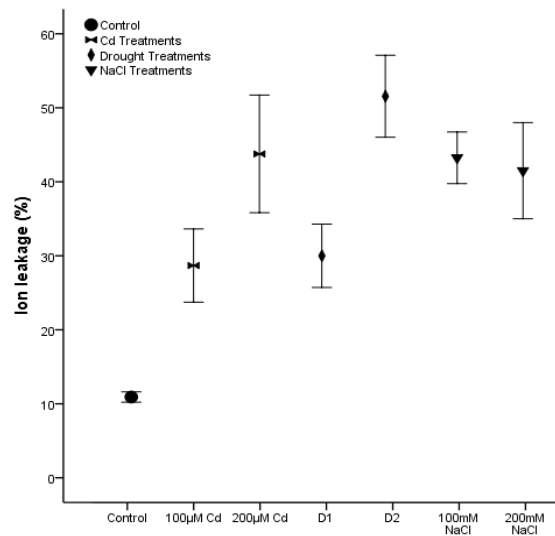
**Figure 2.** Leaf relative water content (RWC, %) and turgor loss (%) in *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants exposed to Cd, drought and salinity treatments. Data points represent means and standard errors (n=4).

Chlorophyll content in spinach plants exposed to these abiotic stresses was shown in Table 1. In Cd treatments, chlorophyll content of spinach plants decreased with increasing Cd concentration ( $p < 0.05$ ). The results obtained in salinity and drought stress were similar each other ( $p < 0.05$ , Table 1). Both types of stress were associated with dehydration stress and a clear correlation was not found between chlorophyll content and drought or salinity treatments in spinach plants.

**Table 1.** Chlorophyll content (SPAD value) in *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants exposed to Cd, drought and salinity treatments. Data points represent means and standard errors (n=4).

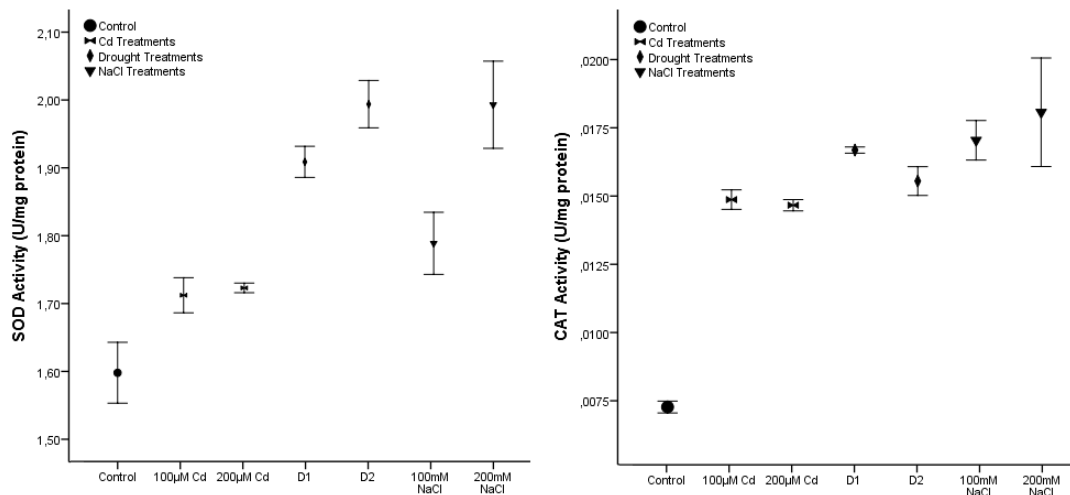
		Chlorophyll Content (SPAD Value)	
Cd Treatments	Control		39.91 ± 1.76
	100 µM Cd		43.58 ± 3.96
	200 µM Cd		37.17 ± 2.95
Drought Treatments	D1		35.20 ± 2.80
	D2		40.27 ± 3.22
Salinity Treatments	100 mM NaCl		40.80 ± 2.46
	200 mM NaCl		48.03 ± 4.63

The changes in ion leakage (%) in spinach plants exposed to Cd, drought and NaCl treatments were given in Figure 3. Accordingly, all treatments increased ion leakage values in spinach plant ( $p < 0.05$ ). The highest membrane damage in spinach plants was achieved in D2-drought treatment. As the drought and Cd concentrations, the value of ion leakage also increased, but there was no difference between salinity treatments. Salinity concentrations used in the present study caused a 4-fold increase in ion leakage of spinach plants.



**Figure 3.** Ion leakage (%) in *Spinacia oleracea* L. cv. *Matador* plants exposed to Cd, drought and salinity treatments. Data points represent means and standard errors (n=4).

SOD and CAT activity values occurring in spinach plants exposed to Cd, drought and salinity stress were given in Figure 4. Both antioxidative enzyme activity increased significantly in all treatments of drought, salinity and Cd stresses. Although the highest value in SOD activity was obtained at D2-drought treatment and 200 mM concentration salinity treatment ( $p<0.05$ ). The lowest values belonged to Cd treatments. In the Cd treatments, there were evoked a remarkable increase in CAT activity. This increase in CAT activity was 2-fold higher than in control ( $p<0.05$ ).



**Figure 4.** Superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activity (U/mg protein) in *Spinacia oleracea* L. cv. *Matador* plants exposed to Cd, drought and salinity treatments. Data points represent means and standard errors (n=4).

## Discussion

Abiotic stresses have also crucial effect in spinach production, like in other agricultural products. These stresses are often drought, temperature extremes (heat, cold chilling/ frost), radiation (UV, ionizing radiation) and edaphic factors which include chemical (nutrient deficiencies, excess of soluble salts, salinity, alkalinity, heavy metal contaminants) in today (Minhas et al., 2017). Therefore, we observed effects of drought, salinity and Cd metal toxicity in *Spinacia oleracea* L. cv. Matador and determined its responses to these stresses. It was demonstrated that although all treatments cause oxidative stress (Fig. 3), any decreases were not found in growth of *Spinacia oleracea* L. cv. Matador (Fig. 1). Hina et al. (2019) expressed that the 100 µM Cd concentration did not cause any changes in the dry or fresh weight of the spinach plant. However, it was shown that 200 µM Cd also gave similar results in the current study (Fig.1). It is understood that the *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants are resistant to short-term treatments of high Cd concentrations. Similarly, it was found in the study conducted by Bagheri et al. (2017) that the Cd treatment (40 µg CdCl<sub>2</sub>/g soil) during 2 and 4 days did not cause any change in dry weight of spinach.

In salinity treatments in *Spinach oleracea* L cv. Matador, Seven and Sağlam (2020) was found a significant reduction in fresh weight of plants treated with 150 mM NaCl. However, a high reduction in weight (60%) of fresh weight of spinach plants was noted, as the study was conducted in a hydroponic environment and the plants were kept in maximum contact with the stressor in hydroponic conditions. In our study, an 8% reduction was obtained in the 200 mM salinity treatment. This decrease in 200 mM salinity treatment is similar to the results we obtained in both drought treatments. Reduced in growth under drought stress are caused by altered water relations. Because, in dry weight of spinach plants, statistically a significant decrease was not determined in any treatments (Fig. 1). Reduction in fresh weight of plants with green leaves due to drought stress were showed up after the 5th day of stress, as seen in some studies (Petropoulos et al., 2008; Bandurska and Jozwiak, 2010; Rahdari et al., 2012). As a matter of fact, water loss of spinach plants in the highest drought and salinity treatments was quite remarkable (Fig. 2). Decrease in the leaf RWC (%) of *Spinach oleracea* L. cv. Matador plants after salinity treatments was also recorded by Kaya et al. (2001) even in 60 mM NaCl treatment to *Spinach oleracea* L. cv. Matador. The basic physiology of salinity stress overlaps with drought stress (Mahajan and Tuteja, 2005). Decrease in leaf RWC is the most visible effect of drought (Jaleel et al., 2009; Farooq et al., 2009). Because they have been lead to cellular dehydration by causing osmotic stress. As a result, removal of water from the cytoplasm into the extracellular space have been resulting in turgor loss.

Measurements of ion leakage in leaf tissues are also contribute to revealing the damage caused by these stress factors. In our study, both salinity concentrations caused a 4-fold increase in ion leakage of spinach plants; when in drought and Cd treatments, ion leakage raised parallel to the increase in applied concentration (Fig. 3). This is an indicator of oxidative stress and the formation of large amounts of ROS (Mishra et al., 2006). It is known that increased ROS in cells induces membrane damage due to the removal of hydrogen from unsaturated fatty acids and impairs membrane stability (Blokchina et al., 2003). A similar increase for *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants was indicated by Kaya et. al. (2001) in 60 mM NaCl concentration.

Plants have the antioxidative defense system for cope with this damage (Lombardi and Sebastiani, 2005; Boojar and Goodarzi, 2007). Superoxide dismutase (SOD), which takes place in the first step in the antioxidant defense system, neutralizes free radicals by converting them into hydrogen peroxide and oxygen molecules. CAT enzyme is involved in the removal of  $H_2O_2$  formed by SOD by converting it into water and oxygen (Upadhyay and Panda, 2009). Increased SOD activity shown in Figure 4 give important knowledge about *Spinach oleracea* L. cv. Matador's enzymatic antioxidative defense system. The SOD activity obtained in drought and salinity treatments is higher than Cd treatments in spinach plants (Fig. 4). This situation may be attributed that  $H_2O_2$  production at high Cd concentrations originated from a number of non-enzymatic and enzymatic processes in different cellular compartments (Dixit et al., 2001; Schützendübel et al., 2002). As a matter of fact, the increase in CAT activity of *Spinach oleracea* L. cv. Matador under Cd stress also indicate it (Fig. 4). In this case, it can be considered that CAT is primarily scavenger of excess  $H_2O_2$  in *Spinach oleracea* L. cv. Matador under Cd stress. Chloroplastic and mitochondrial electron transport chains are main ways in ROS production. Free radical generation is increase via these ways in drought and salinity stress conditions (Noctor et al., 2014). However, it was seen in this study that the formation of free radicals in spinach plants under Cd stress come from different sources. At the same time, Wang et al. (2010) stated that the defense mechanisms of the plant are effective in SOD / CAT cycle in short-term stress. As much as that we have observed this situation in drought and salinity treatments to the spinach plants, but did not see in the Cd treatments (Fig. 4).

It is seen from Table 1 that salinity and drought treatments do not cause structural damage in chloroplasts. It was also reported by Zaeifzade and Goliov (2009) that the amount of chlorophyll content and superoxide dismutase (SOD) in drought tolerant cultivars increases during drought stress. For this reason, the *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants can be tolerant to these short-term drought stresses. Cd treatments cause a decrease in the chlorophyll content of spinach plants (Table 1). Since Cd is a toxic metal (Karapınar and Kılıçel, 2020), it affected negatively the chlorophyll content in high concentrations. Cd is also known to reduce chlorophyll content in different plant species (Mishra et al., 2006; Mohan and Hosetti, 2006; Arslan et al., 2014). Pinto et al. (2017) also stated that Cd causes a decrease in the chlorophyll content of spinach plants. However, their Cd treatment was in hydroponic water culture and more low concentration than our study.

## Conclusion

In this study, spinach (*Spinacia oleracea* L., cv. Matador) was exposed to drought, salinity and Cd stresses at increasing concentrations under same conditions. According to our results, plant dry weight was not changed statistically in applied stresses. In fresh weight, decreases were observed related to the change in water content. All treatments in this study, caused oxidative stress in the spinach plants. However, it was shown that the *Spinacia oleracea* L., cv. Matador plants can cope with this stress. As a matter of fact, we have seen in our results that chlorophyll content and dry weight did not change at severe drought and salinity concentrations despite the increased SOD and CAT activity. Thus, the *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants can be tolerant

to these short-term drought stresses. It is important to know the physiological responses of spinach plants, which is widely consumed by humans, to stress conditions, which are today's basic problems such as drought, salinity and heavy metal pollution. The applied stress conditions are the main problems experienced today and are expected to increase even more in the coming years. The different responses of spinach seedlings to various stress factors provide an estimate of the plant's powerful physiological mechanism. Therefore, current study provides important information to the literature in order to enlighten a current issue. It is recommended to conduct molecular studies and to investigate of the cellular responses to long-term stress on *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants, which we see to be tolerant to short-term stresses.

## Acknowledgment

This research was supported (Project Number 2019-02.BŞEÜ.11-04) by the Scientific Research Projects Council of Bilecik Şeyh Edebali University, Turkey. This study does not require ethics committee permission. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics. The authors contributed jointly to the study and there were no conflicts of interest among the authors.

## References

- Ahmad, Z., Ahmad Waraich, E., Akhtar, S., Anjum, S., Ahmad, T., Mahboob, W., Hafeez, O.A., Tapera, T., Labuschagne, M. and Rizwan, M. 2018. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches. *Acta Physiologiae Plantarum* 40:80.
- Alia, N., Sardar, K., Said, M., Salam, K. Sadia, A., Sadaf, S., Toqeer, A. and Miklas, S. 2015. Toxicity and Bioaccumulation of Heavy Metals in Spinach (*Spinacia oleracea*) Grown in a Controlled Environment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 12: 7400-7416.
- Anjum, N.A., Umar, S., Iqbal, M. and Khan, N.A. 2011. Cadmium causes oxidative stress in mung bean by affecting the antioxidant enzyme system and ascorbate-glutathione cycle metabolism. *Russ J Plant Physiol*. 58(1): 92-99.
- Ardıç, M., Sekmen, A.H., Türkan, I., Tokur, S. and Ozdemir, F., 2009. The Effects of Boron Toxicity on Root Antioxidant Systems of Two Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. *Plant Soil*, 314: 99-108.
- Arefian, M. and Shafaroudi, S.M. 2015. Physiological and gene expression analysis of extreme chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in response to salinity stress. *Acta Physiologia Plantarum* 37: 193.
- Arora, R., Pitchay, D.S. and Bearce, B.C. 1998. Water-stress-induced heat tolerance in geranium leaf tissues: A possible linkage through stress proteins? *Physiologia Plantarum* 103 (1): 24-34.

- Arslan, H., Güteryüz, G., Akpınar, A., Kırmızı, S., Seven Erdemir, Ü. and Güçer, Ş. 2014. Responses of Ruderal *Verbascum olympicum* Boiss. (Scrophulariaceae) Growing under Cadmium Stress. *CLEAN – Soil, Air, Water* 42(6): 824-835.
- Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homaei, M., Yunesian, M., Ahmadimoghaddam, M. and Hossein Mahvi, A. 2010. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. *Environ. Monit. Assess.* 160: 83-89.
- Bagheri, R., Bashir, H., Ahmad, J., Baig, A. and Qureshi, M.I. 2013. Effect of cadmium on leaf proteome of *Spinacia oleracea* (spinach). *Int J. Agric Food Sci. Technol.* 4:33-36.
- Bagheri, R., Ahmad, J., Bashir, H., Iqbal, M. and Qureshi, M.I. 2017. Changes in rubisco, cysteine-rich proteins and antioxidant system of spinach (*Spinacia oleracea* L.) due to sulphur deficiency, cadmium stress and their combination. *Protoplasma*, 254: 1031-1043.
- Bandurska, H. and Jozwiak, W. 2010. A comparison of the effects of drought on proline accumulation and peroxidases activity in leaves of *Festuca rubra* L. and *Lolium perenne* L. *Dept. Plant Physiol.* 2: 111-116.
- Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:23-58.
- Bayram Erdoğan, S. 2018. Su Stresi ve Bitkilerde Su Stresine Bağlı Fizyolojik Değişimler. *Tralleis Elektronik Dergisi* 3(2): 219-228.
- Belmecheri-Cherifi, H., Albacete, A., Martínez-Andújar, C., Pérez-Alfocea, F. and Abrous-Belbachir, O. 2019. The growth impairment of salinized fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) plants is associated to changes in the hormonal balance. *Journal of Plant Physiology* 232: 311-319.
- Bender Özenç, D. and Şenlikoğlu, G. 2017. Kompost ve azotlu gübre uygulamasının ıspanak bitkisinin (*Spinacia oleracea* L.) gelişimi üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi Cilt:6 Özel Sayı: 227-234*.
- Beuchamp, C. and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase; improved assays and an assay applicable to acrylamide gels, *Anal. Biochem.* 44: 276-287.
- Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review. *Annals of Botany* 91: 179-194.
- Boojar, M.M.A. and Goodarzi, F. 2007. The copper tolerance strategies and the role of antioxidative enzymes in three plant species grown on copper mine. *Chemosphere* 67(11): 2138-47.
- Dhongade, S. and Nandkar, P.B. 2011. The phytotoxicity of heavy metals on growth and metal uptake by spinach. *Agr. Biol. Res.* 27: 78-90.
- Dixit, V., Pandey, V. and Shyam, R. 2001. Differential oxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L cv. Azad). *J. Exp. Bot.* 52:1101-1109.
- Du, S.T., Liu, Y., Zhang, P., Liu, H.J., Zhang, X.Q. and Zhang, R.R. 2015. Atmospheric application of trace amounts of nitric oxide enhances tolerance to salt stress and improves nutritional quality in spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry* 173: 905-911.



- FAO. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustain. Dev.* 29: 185-212.
- Gulen, H. and Eris, A. 2003. Some Physiological Changes in Strawberry (*Fragaria × ananassa* cv. *camarosa*) Plants Under Heat Stress. *J. Hort. Sci. Biotech.* 78: 894-898.
- Hina, K., Kanwal, S.S., Arshad, M. and Gul, I. 2019. Effect of Cadmium (Cd) Stress on Spinach (*Spinacea oleracea*) and Its Retention Kinetics in Soil in Response to Organic Amendments. *Pak. J. Agri. Sci.* Vol. 56(1): 179-185.
- Hossain, M.A., Piyatida, P., Teixeira da Silva, J.A. and Fujita, M. 2012. Molecular Mechanism of Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: Central Role of Glutathione in Detoxification of Reactive Oxygen Species and Methylglyoxal and in Heavy Metal Chelation. *Journal of Botany*, <http://dx.doi.org/10.1155/2012/872875>, sf. 37.
- Jaleel se, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology* 11 (1): 100-105.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kırnak, H. 2001. The Effects of High Salinity (NaCl) and Supplementary Phosphorus and Potassium on Physiology and Nutrition Development of Spinach. *Bulg. J. Plant Physiol.* 27(3-4): 47-59.
- Khan, N.A. and Singh, S. (Eds.) 2008. Abiotic Stress and Plant Responses. IK International Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 1-299.
- Khan, M.U., Malik, R.N., Muhammad, S., Ullah, F. and Qadir, A. 2015. Health risk assessment of consumption of heavy metals in market food crops from Sialkot and Gujranwala districts, Pakistan. *Human Ecol Risk Assess: An Int Journal*, 21: 327-337.
- Karapınar, H.S. and Kılıçel, F. 2020. Determination of Some Toxic Element (Cr, Cd, Cu and Pb) Levels in Cumin and Cinnamon Aromatic Plants Frequently Used as Foodstuff. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 34(Özel Sayı/Special Issue), s.1-8.
- Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K. and Khalighi, A. 2011. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Medicinal Plants Research* 5(22): 5360-5365.
- Lester, C., Moller, N. and Hammerum, A. 2004. Conjugal Transfer of Aminoglycoside and Macrolide Resistance between *Enterococcus faecium* Isolates in The Intestine of Streptomycin-Treated Mice. *Feems Microbiol. Lett*, 235: 385-391.
- Liang, W., Ma, X., Wan, P. and Liu, L. 2018. Plant salt-tolerance mechanism: a review. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 495(1): 286-291.
- Liu, L., Zhang, X. and Zhong, T. 2015. Pollution and health risk assessment of heavy metals in urban soil in China. *Human Ecol Risk Assess: An Int J.* doi:10.1080/10807039.2015.1078226.

- Lombardi, L.L. and Sebastiani, L. 2005. Copper toxicity in *Prunus cerasifera*: Growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plants. *Plant Science* 168: 797-802.
- Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. *Arch Biochem Biophys* 444: 139-158.
- Minhas, P., Rane, J. and Pasala, R.K. 2017. Abiotic Stresses in Agriculture: An Overview. *Abiotic Stress Management for Resilient Agriculture Book*, pp. 3-8.
- Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, R.D., Govindarajan, R., Kuriakose, S.V. and Prasad, M.N.V. 2006. Phytochelatin Synthesis and Response of Antioxidants During Cadmium Stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant Physiology and Biochemistry* 44: 25-37.
- Mohan, B.S. and Hosetti, B.B. 2006. Phytotoxicity of cadmium on the physiological dynamics of *Salvinia natans* L. grown in macrophyte ponds. *Journal of Environmental Biology* 27(4): 701-704.
- Nezhadahmadi, A., Hossain Prodhan, Z. and Faruq, G. 2013. Drought Tolerance in Wheat. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume 2013, Article ID 610721, 12 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/610721>.
- Noctor, G., Mhamdi, A. and Foyer, C.H. 2014. The Roles of Reactive Oxygen Metabolism in Drought: Not So Cut and Dried. *Plant Physiology* 164: 1636-1648.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K. and Tran, L.S.P. 2014. Response of plants to water stress. *Front. Plant Sci.* 5, 86. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Sci. Hortic.* 115: 393-397.
- Pinto, F.R., Mourato, M.P., Sales, J.R., Moreira, I.N. and Martins, L.L. 2017. Oxidative stress response in spinach plants induced by cadmium. *Journal of Plant Nutrition* 40(2): 268-276.
- Rahdari, P., Hosseini, S.M. and Tavakoli, S. 2012. The studying effect of drought stress on germination, proline, sugar, lipid, protein and chlorophyll content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves. *Journal of Medicinal Plants Research* 6(9): 1539-1547.
- Rezakhani, L., Golchin, A. and Samavat, S. 2013. Effect of different rates of Cd on growth and chemical composition of spinach. *Int Res J Appl Basic Sci.* 7: 1136-1140.
- Roberts, T.L. 2014. Cadmium and Phosphorous Fertilizers: The Issues and the Science. *Procedia Engineering* "SYMPHOS 2013", 2nd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry, 83: 52-59.
- Schützendübel, A., Nikolova, P., Rudolf, C. and Polle, A. 2002. Cadmium and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative stress in *Populus canescens* roots, *Plant Physiol. Biochem.* 40: 577-584.
- Sertkaya, G. 2015. Investigation of some viruses in lettuce and spinach fields in Hatay province of Turkey. *Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(1): 7-12.

- Seven, S. and Sağlam, S. 2020. Investigation on the relationship between salinity stress and epibrassinolide in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. *Matador*) seedlings. *Cumhuriyet Science Journal* 41(1): 131-138.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology. 3rd Ed. Sinauer Publishers Inc. Massachusetts.
- Tuteja, N. 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Meth Enzymol.* 428: 419-438.
- Upadhyay, R.K. and Panda, S.K. 2009. Copper-induced growth inhibition, oxidative stress and ultrastructural alterations in freshly grown water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *C. R. Biologies* 332: 623-632.
- Xu, C. and Leskovic, D.I. 2015. Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Sci. Hort.* 183: 39-47.
- Verma, P., George, K.V., Singh, H.V. and Singh, R.N. 2007. Modeling cadmium accumulation in radish, carrot, spinach and cabbage. *Appl Mathem Mod.* 31: 1652-1661.
- Wang, J., Li, W., Zhang, C. and Ke, S. 2010. Physiological Responses and Detoxific Mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in Young Seedling of *Paulownia fortunei*. *Journal of Environmental Sciences* 22(12): 1916-1922.
- Yurtyeri, T., Cemek, B. and Ünlükara, A. 2014. Response of Spinach to Different Water Stress Conditions in Greenhouse Indoor and Outdoor Conditions. *12.Culture technique Symposium*, 21–23 May, Tekirdağ, Turkey, pp. 331-336.
- Younis, U., Malik, S.A., Rizwan, M., Farooq Qayyum, M., Ok, Y.S., Raza Shah, M.H., Rehman, R.A. and Ahmad, N. 2016. Biochar enhances the cadmium tolerance in spinach (*Spinacia oleracea*) through modification of Cd uptake and physiological and biochemical attributes. *Environ Sci Pollut Res.* 23:21385-21394.
- Zaeifzade, M. and Goliov, R. 2009. The Effect of the Interaction between Genotypes and Drought Stress on the Superoxide Dismutase and Chlorophyll Content in Durum Wheat Landraces. *Turk. J. Boil.* 33: 1-7.





## Uludağ Milli Parkında Çok Yıllık Arazi Kullanım/Örtü Değişiminin CBS İçinde Analizi<sup>A</sup>

Gökhan ÖZSOY\*

**Öz:** Bu çalışma ile Türkiye'nin en popüler kayak merkezine ev sahipliği yapan ve doğal güzellikleri bakımından dünyaca tanınan Uludağ Milli Parkı arazilerinin güncel arazi kullanım/örtü durumunun haritalandırılması ve yıllar içindeki olası değişimlerin coğrafi bilgi sistemi içinde tespit edilmesi amaçlanmıştır. Buna yönelik bölgeyi kapsayan, 1985-2019 yılları arası (34 yıllık) çok bantlı uydu verileri kullanılmış, çalışma alanına ait bir veri tabanı kurulmuş ve elde edilen tüm veriler CBS içinde analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, Uludağ Milli Parkı sınırları içinde bulunan kayak merkezi ve yakın çevresinde kentleşme ve erozyon izlerinde artış ile beraber vejetasyonda azalma belirlenmiştir. Buna ek olarak zirveye yakın kesimlerde su yüzeylerinde azalma ve çıplak kaya yüzeylerinde artış saptanmıştır. Ayrıca, yıllar içinde şiddetli erozyon yüzeyleri alansal miktarının da arttığı belirlenmiştir. Bu çalışma ile Uludağ Milli Parkı arazilerindeki çıplak kaya, yerleşim ve şiddetli erozyon yüzeylerinin kapladığı alan, 34 yıllık süreçte 1019,6 ha (% 7,8) alandan 1730,7 ha (% 13,3) alana yükseldiği bulunmuştur. Aynı süre içinde, % 18,7 oran ve 2435,2 ha alan kaplayan alpin çayırların ise % 16,6 oran ile 2163,6 ha alana gerilediği tespit edilmiştir. Çalışmanın önemli çıktılarında birisi de doğal ormanlık alanların güncel durumu ile ilgilidir. Bu çalışmada üretilen 1985 yılı verilerine göre, doğal yoğun ormanlar tüm Milli Park arazilerinin % 43,5'ini (5668,1 ha) kaplarken, 2019 yılı için bu oran % 44,2'ye (5759,2 ha) yükselmiştir. Buna ek olarak bazı alanlarda çalı ve fundalık arazilerin de yoğunlaştığı belirlenmiştir. İnsan etkisinin hiç/çok az olduğu, ulaşılması çok zor olan bazı yüksek ve eğimli bölgelerde veya kontrolün sağlanabildiği ormanlık kısımlarda yer alan bitki örtüsünde, incelenen zaman içinde, vejetasyonda az da olsa yoğunlaşma gerçekleştiği

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** Gökhan ÖZSOY, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Görükle Yerleşkesi, Bursa, ozsoyg@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-4421-7936](https://orcid.org/0000-0002-4421-7936).

tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, insan etkisi kontrol altına alındığında ve gerekli erozyon önleme faaliyetleri ile Uludağ'da zamanla doğal bitki örtüsünün daha da yoğunlaşacağı ve yeşereceği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Uludağ Milli Parkı, coğrafi bilgi sistemi, uzaktan algılama, NDVI, arazi kullanım/örtü.

## Analysis of Multi-Year Land Use/Cover Change in the Uludag National Park within a GIS

**Abstract:** The aim of this research is to determine the current land use/cover status of the Uludag National Parklands, which is hosting the most popular ski center of the country and world-renowned for its natural beauty, and to investigate the possible land use/cover changes over the years. For this purpose, a time-series satellite data, between 1985-2019 (34 years), was used, a database belonging to the study area was established, and all data obtained were analyzed in GIS. According to results, urbanization and severe erosion surfaces increased in the ski center and its close surroundings along with a decrease in vegetation. In addition, a reduction of water surfaces and an increase in bare rock surfaces were detected in the areas near the summit. It was computed that the area covered by bare rock, settlement, and severe erosion surfaces in the Uludag National Parklands were increased from 1019.6 ha (7.8%) to 1730.7 ha (13.3%) over a 34-year period. In the same studied period, alpine meadows covering 18.7% and 2435.2 ha of land were declined to 2163.6 ha with 16.6%. One of the critical outputs of the study is related to the current status of natural forest areas. According to 1985 data, while dense natural forests were covered 43.5% (5668.1 ha) of the entire National Parklands, this rate was increased to 44.2% (5759.2 ha) according to 2019 data. Besides, it was discovered that vegetation was becoming slightly dense in some high and sloped areas where there was little / no human impact due to transportation difficulties. According to the results of this study, natural vegetation in Uludag may become denser and greener over time when the social impact is brought under control and with the necessary erosion prevention activities.

**Keywords:** Uludag National Park, geographic information systems, remote sensing, NDVI, land use/cover.

### Giriş

Bursa, Türkiye'nin güney-batısında yer almakta olup kuzeyinde Marmara Denizi, güneyinde Balıkesir ve Kütahya, batısında Balıkesir, doğusunda Bilecik ve Sakarya, kuzey doğusunda Yalova ve Kocaeli illeri ile komşudur. Yüzölçümü 10882 km<sup>2</sup> olan Bursa'nın nüfus yoğunluğu 293/km<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2020a). Nüfus yoğunluğu sıralamasına göre Bursa Türkiye'nin dördüncü büyük şehridir. Bölgede günümüzde tespit edilen en eski yerleşimler 8500 yıl öncesine kadar dayanmaktadır (Anonim, 2020a). Bursa şehri, Bizans döneminde önemli bir ticaret merkezi ve güçlü bir kale, Osmanlı İmparatorluğu'nun ise ilk başkentiydi. Ayrıca, Bursa

Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk ve en önemli gıda, tekstil ve otomotiv fabrikalarına da ev sahipliği yapmıştır. Günümüzde Bursa, eşsiz kültürel ve tarihi mirası yanında, oldukça verimli tarım toprakları ile güçlü tarımsal üretimi, otomotiv, tekstil ve gıda sanayi ile de anılmaktadır. Ayrıca Bursa'nın çevre güzellikleri de etkileyicidir. Doğal ormanları, anıt ağaçları, zengin su kaynakları, verimli ova toprakları ve iklimin getirdiği üretkenlik nedenleriyle yeşil şehir olarak da bilinir.

Bursa ile özdeşleşen Uludağ, eşsiz doğa güzelliği, flora ve fauna zenginliği ile 1961 yılında Milli Park ilan edilmiştir (Anonim, 2020b). Kış turizminin yanı sıra yaz aylarında günlük piknik aktiviteleri, dağ yürüyüşü ve kampçılık faaliyetleri ile yerli ve yabancı turistlere tüm yıl boyunca hizmet sunmaktadır. Ancak, yıl boyu süren insan aktivitesi ile milli parkın yoğun kullanımı doğal arazi örtüsünde bazı bozulmalara da sebebiyet vermektedir. Dirim ve ark. (2009), 1984-1998 yılları arasında Uludağ ve yakın çevresindeki bitki örtüsü yoğunluğundaki değişimleri inceledikleri çalışmalarında, geçen on dört yıl içinde yoğun orman örtüsünde bozulmaların olduğunu ve hatta 13152 ha yoğun-çok yoğun olarak sınıflandırılmış olan ormanlık arazinin çıplak arazi veya az yoğun orman sınıfına geçtiğini bildirmektedirler. Araştırmacılar, Uludağ ve yakın çevresinde tespit edilen orman bozulması nedenlerini ise kaçak kereste kesimi, orman ve çalılık arazilerin tarımsal araziye dönüştürülmesi olarak bildirmişler ve yoğun bozulmaların yayla yerleşim alanlarının yakınındaki arazilerde meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Söz konusu araştırmanın sonuçlarına göre, 1984-1998 yılları arasında, bölgede çıplak toprak (yüzeyi bitkiden yoksun) yüzeyleri % 67,6 oranında artmıştır.

Arazi kullanım/örtü haritalama çalışmalarında coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve uzaktan algılama (UA) önemli bir yere sahiptir. Uzaktan algılama teknolojisindeki ve bilgisayar veri işleme hızındaki gelişmeler bu teknolojileri geniş çaplı uygulamalar için nispeten düşük maliyetle kolayca kullanılabilir hale getirmiştir (Aksoy ve Özsoy, 2004). Kısaca uzaktan algılama, nesne, alan veya olgu ile temas etmeyen bir cihaz tarafından elde edilen verilerin analizi yoluyla incelenen nesne, alan veya olgu hakkında bilgi edinme bilim ve sanattır (Lillesand and Kiefer, 2000). Uzaktan algılama teknolojisi ile kültürel ve doğal objelerin spektral, mekansal ve temporal formdaki özellikleri belirlenebilir. Uzaktan algılama verisi, toprak haritalaması, bitki örtüsü, arazi kullanım/örtü sınıflandırması, toprak nemi ölçümü, toprak erozyonu haritalaması, orman tipi sınıflandırması, bitkilerin su içeriğinin ölçülmesi, bitki-ürün verimliliği parametrelerinin belirlenmesi, tarım arazisi ve su kaynakları gibi bazı nesnelerin alan veya güncel durumları, kar-buz haritalaması, okyanus bilimi, meteoroloji ve kentsel yayılım alanlarının belirlenmesi dahil olmak üzere birçok uygulama alanına sahiptir (Ozsoy ve ark., 2012; Honnay ve ark., 2003; Ozsoy ve Aksoy, 2015a, 2015b). Çok yıllık spektral uzaktan algılanmış görüntüler yeryüzü ortamını daha iyi yorumlanabilmesi için kullanılacak çok verimli altlık kartografik materyallerdir. Arazi kullanım/örtü haritalaması ve arazi örtüsündeki değişimlerin spektral uydu verileri kullanılarak CBS ile analizini konu alan, yüksek doğruluğa sahip, birçok başarılı çalışma yürütülmüştür (Aksoy ve Özsoy, 2002, 2004, 2007; Podmanicky ve ark., 2011; Tian ve ark., 2014).

Uludağ ve milli parkın doğal ortamında, yıldan yıla artan insan aktivitesi baskısı sonucu oluşabilecek arazi kullanım/örtü değişiminin ayrıntılı olarak çalışılması gerekmektedir. Uludağ Milli Parkı doğal güzelliklerinin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için bölgenin sürdürülebilir arazi kullanım planlarının da geliştirilmesi gerekir. Böylece milli parkın geleceği için gereken önlemler alınabilir, parkın doğal ortam özellikleri gelecek

nesillere taşınabilir ve hatta geliştirilebilir. Bu amaca yönelik çalışmaların sağlıklı yürütülebilmesi için karar vericiler ve planlamacılara veri sağlanmalıdır.

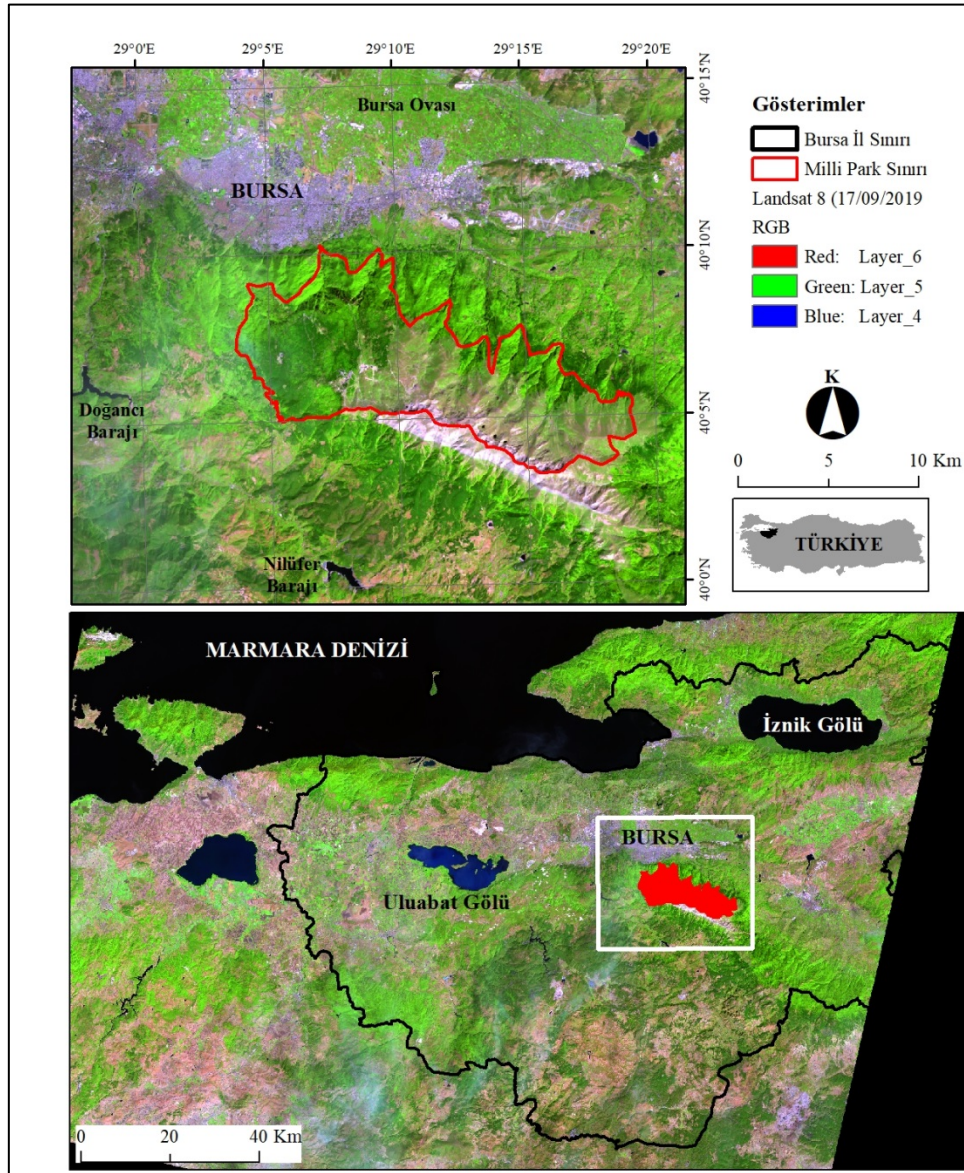
Bu çalışmanın en önemli amacı doğal ve zengin ekolojik özelliklere sahip Uludağ Milli Parkı sınırları içerisindeki arazi örtüsü ile ilgili sağlıklı verilerin üretilmesi, arazi örtü durumunda gerçekleşen çok yıllık (34 yıl) değişimin ortaya konulması ve alanın sürdürülebilirliği açısından karar vericilere bazı öneriler getirilmesidir. Bu çalışmada, Bursa Uludağ Milli Parkı sınırını kapsayan, 1985-2019 yılları arasında 3 adet çok bantlı uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çok yıllık bu görüntüler, çalışma sınırları içinde tespit edilen çıplak toprak, çıplak kaya, yerleşim ve şiddetli erozyon yüzeyleri, çayır, çalı-fundalık alanlar, su yüzeyleri ve orman örtüsü gibi çok yönlü doğal ve kültürel özelliklerin alansal dağılım yüzdelerinin hesaplanması amacıyla kullanılmıştır. Sonraki aşamada, incelenen yıllar boyunca doğal ve kültürel objelerdeki görülen değişimler doğal süreç ve insan etkileşimleri açısından yorumlanmış ve bazı öneriler sunulmuştur.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Çalışma alanı konumu ve önemi**

Uludağ Milli Parkı, Bursa şehrinin güney ve güney doğusunda  $40^{\circ} 3,208'$  ile  $40^{\circ} 10,319'$  kuzey enlemleri ve  $29^{\circ} 3,803'$  ile  $29^{\circ} 19,146'$  doğu boylamları arasında yer almaktadır. Şekil 1'de Uludağ Milli Parkı konumu verilmiştir.

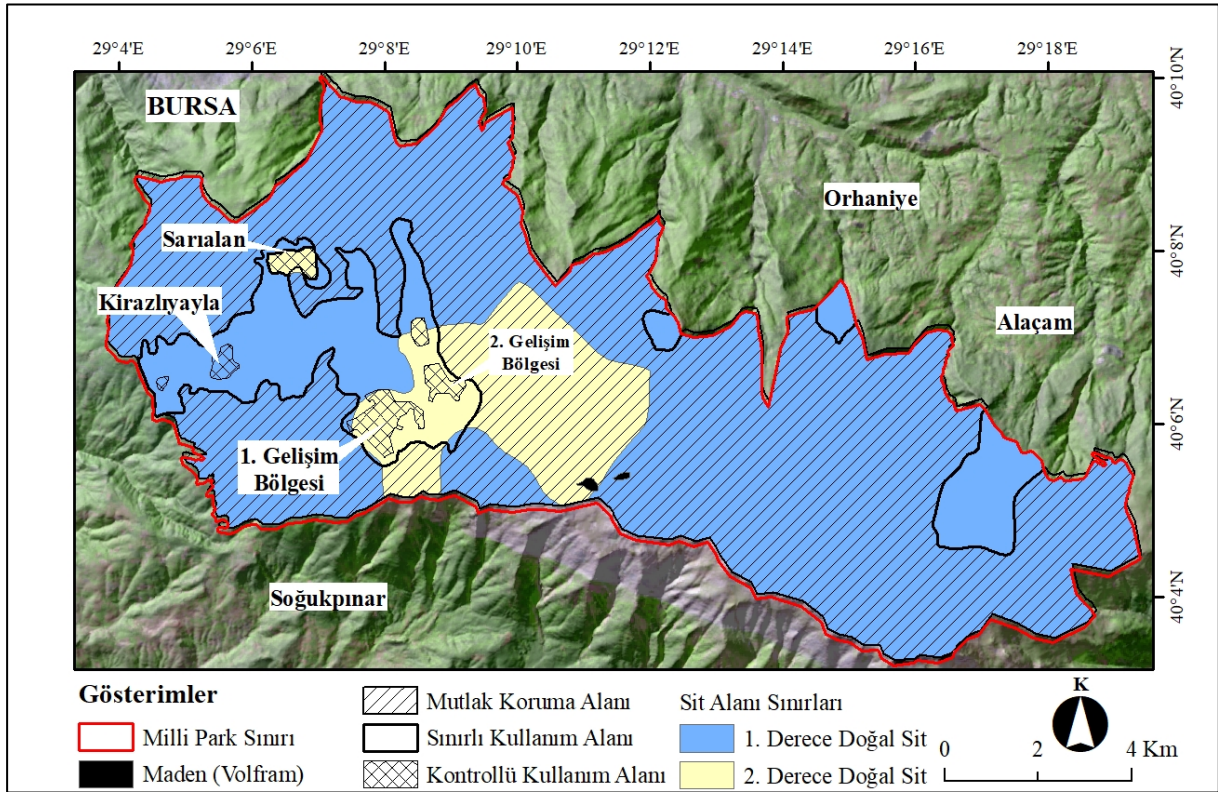




Şekil 1. Uludağ Milli Parkı konumu ve sınırı.

Uludağ 20.09.1961 tarihinde Milli Park ilan edilmiş ve doğal güzellikleri koruma altına alınmış bir sit alanı olup 13,024.07 ha alan kaplamaktadır (Anonim, 2020b). Milli parkın mutlak, sınırlı ve kontrollü koruma bölgeleri ile doğal sit alanlarının dağılımını gösteren harita Şekil 2’de, alansal veriler ile dağılım yüzdeleri ise Çizelge 1’de sunulmuştur. 2006 yılında Uludağ Milli Parkı sınırları içinde 1. derece ve 2. derece doğal sit alanları tanımlanmıştır. Şekil 2’de de görüleceği gibi kayak merkezi ve otellerin yer aldığı 1. ve 2. gelişim bölgeleri 2. derecede doğal sit alanıdır. Milli park arazilerinde 1. derece ve 2. derece doğal sit alanları sırasıyla yaklaşık 11219 ha ve 1804 ha alan kaplamaktadır. Alanın yaklaşık % 86’sı 1. derecede sit alanıdır. 2009 yılında yürürlüğe giren 1/25.000 ölçekli Uludağ Milli Parkı uzun devreli gelişme revizyon planına göre park alanı Mutlak Koruma Alanı, Sınırlı Kullanım Alanı ve Kontrollü Kullanım Alanı olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır.

Uludağ Milli Parkı arazilerinin yaklaşık 10850 ha'lık kısmı mutlak koruma altında bulunmaktadır. Sınırlı kullanım alanı ve kontrollü kullanım alanı ilan edilen kısımlar ise sırasıyla yaklaşık 1925 ha ve 248 ha'dır. Şekil 2 ve Çizelge 1'de görüleceği gibi Uludağ Milli Parkının % 83,3'ü Mutlak Koruma Alanıdır. Parkın % 14,8'i Sınırlı Kullanım Alanı ve yaklaşık % 2'si ise Kontrollü Kullanım Alanı olarak tanımlanmıştır. Çizelge 1'de sunulan veriler Bursa Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, Şehir Planlama Şube Müdürlüğü önderliğinde 2012 yılında gerçekleştirilen 1:100.000 ölçekli çevre düzeni planı çalışmalarından derlenmiştir.



Şekil 2. Uludağ Milli Parkı mutlak, sınırlı ve kontrollü koruma bölgeleri ile doğal sit alanlarının dağılımı haritası

Uludağ Milli Parkı Türkiye'de milli park olarak ilan edilmiş 44 önemli doğal alandan birisidir (Anonim, 2020b). Bölge doğal ormanlık alan, flora ve fauna bakımından zengindir. Milli park sınırları içinde ve yakın çevrede bulunan zengin bitki türlerinin gösterdiği yayılış deseni açısından Dünya coğrafyası adına da ilgi çekici bir bölgedir (Anonim, 2020c). Bölgede, Türkiye için toplam 137 endemik tür tespit edilmiştir. Bunların 30'u Uludağ endemiğidir. Uludağ, nesli tehlike altında olan Avrupa ölçeğinde 54 tür, küresel ölçekte ise 3 türün yaşam alanıdır. Özellikle Uludağ endemik türü olan Apollo Kelebeği ve nesli tükenme tehlikesi altında bulunan Sakallı Akbaba bölgede yaşamaktadır (Anonim, 2020c).

**Çizelge 1.** Uludağ Milli Parkı mutlak, sınırlı ve kontrollü koruma bölgeleri ile doğal sit alanlarının alansal dağılımı

Bölgeler	Alan (ha)	Oran (%)
Mutlak Koruma	10850,23	83,3
Sınırlı Kullanım	1925,65	14,8
Kontrollü Kullanım	248,19	1,9
Toplam	13024,07	100
1. Derece Doğal Sit	11219,20	86,1
2. Derece Doğal Sit	1804,87	13,9
Toplam	13024,07	100

Uludağ tatlı su kaynakları açısından da zengin bir bölgedir. Bursa kenti için önemli bir içilebilir su temini alanıdır. Özellikle Kırkpınarlar mevki Bursa şehrine su temini açısından korunması gereken bölgelerden birisidir. Ayrıca günümüzde Türkiye’de tüketilen damacana ve pet içinde dağıtımı yapılan içme suyunun önemli bir kısmı Uludağ kaynaklarından sağlanmaktadır.

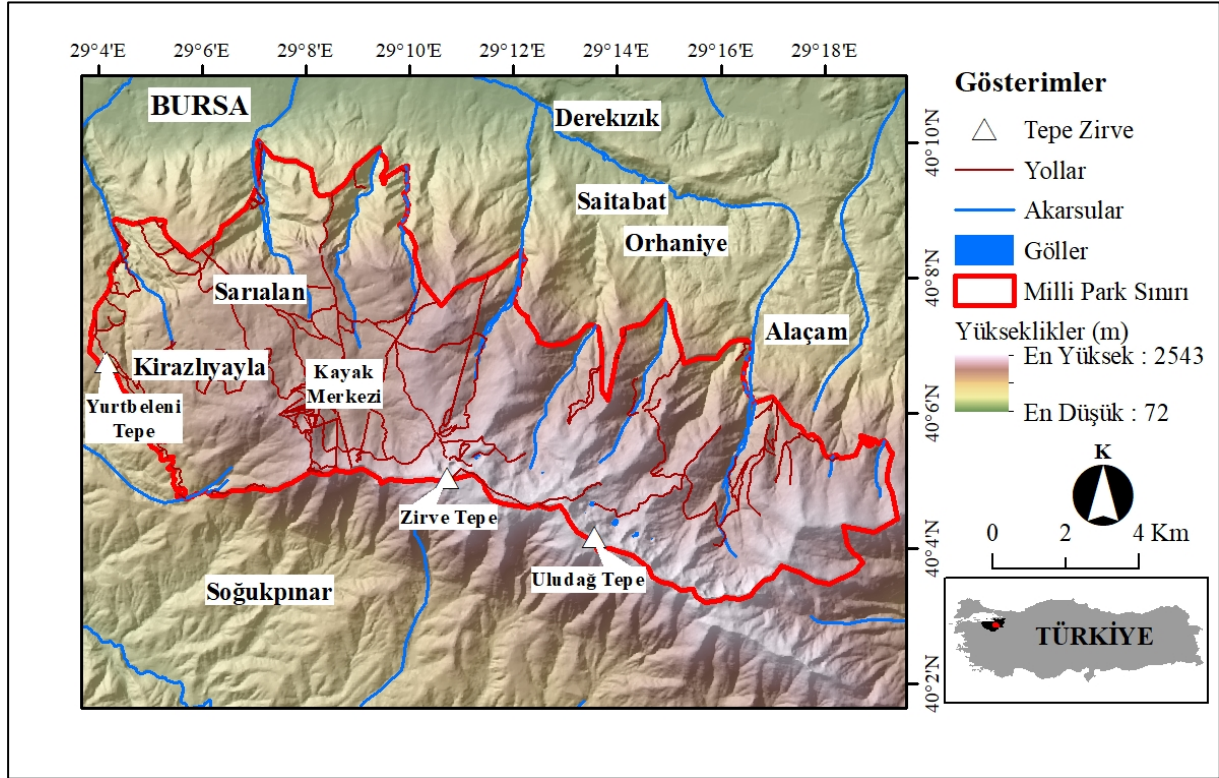
Tüm bu değerlerin yanında Uludağ, yerli ve yabancı turistler açısından bir ilgi merkezidir. Uludağ, Türkiye’nin en popüler kış sporları merkezine ev sahipliği yapmaktadır. 1933 yılından bu yana faaliyet gösteren kayak merkezi (ilk gelişim bölgesi)’ne 1986 yılında turizm merkezi ilan edilen ikinci kalkınma bölgesi ilave edilmiştir. Bölgede birçok kamu ve özel teşebbüse ait konaklama ve dinlenme tesisi bulunmaktadır. Uludağ’da kayak pistleri yılın aralık ayından nisan ayının sonuna kadar aktiftir. Milli park, yaz mevsiminde dağcılık, doğa yürüyüşü, kampçılık, günübirlik piknik gibi amaçlarla yoğunlukla kullanılmaktadır. Özellikle parkın hemen girişinde yer alan Karabelen ve daha geniş olanaklara sahip Kirazlıyayla günübirlik piknik faaliyetine uygundur. Bungalovlarda konaklama olanağı sunan Sarıalan ve ilgi çeken manzarası ile Çobankaya ise kamp ve günübirlik piknik için yoğunlukla kullanılmaktadır. Bu alanlardan başka yerli ve yabancı turistlerce en çok ziyaret edilen yerler başta Bakacak seyir terası, zirve göller, Cennetkaya, Çobankaya, Devetaşı, Tutyeli ve madenler bölgesi sayılabilir. Gerek kış aylarında gerekse de yaz mevsiminde milli parka gelen ziyaretçilerin büyük bir kısmı alandan günübirlik faydalandığı söylenebilir. Ancak turizm amacıyla yapılan tüm yaz ve kış aktiviteleri milli parkta kentleşme (bina, yol, vb.) baskısı yaratmakta ve doğal çevrede bazı bozulmalara da yol açabilmektedir. Uludağ Milli Parkı’nın çalışma ortamı veya konusu olarak seçilmesinin en önemli sebepleri, bölgenin doğal ortam zenginliği, içme suyu kaynaklarının fazlalığı ve turizm baskısı oluşturmaktadır.

## Jeoloji ve jeomorfoloji

Uludağ, Batı Anadolu Bölgesi’nde 2543 m (Uludağ tepe) ile en yüksek rakıma sahip olan yüksekliktir. Milli park bölgesinde yer alan diğer yüksek rakımlı tepelere örnek olarak Zirvetepe (2468m), Kuşaklıkaya (2232 m), Çobankaya (1750 m) ve Bakacak Tepe (1743 m) sayılabilir. Çalışma alanı sınırları içinde, özellikle günübirlik



piknik ve kampçılık faaliyetlerine hizmet veren Sarıalan (1621 m), Kirazlıyayla (1505 m), Kadiyayla (1235 m) gibi yaylalar bulunmaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal yükseklik modeli ve gölge haritası Şekil 3’de sunulmuştur. Aynı haritada milli park sınırı içinde kalan arazilerin deniz seviyesinden olan yükseklik bilgileri ve dağılımları görülebilir.



Şekil 3. Çalışma alanı sayısal yükseklik modeli ve gölge haritası ile rakım bilgileri

Bölge için önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı'nın kollarını oluşturan Softadere, Dombay Çukuru, Derinçay gibi dereler vardır. Nilüfer Çayı Uludağ güney eteklerinden akarak Bursa Ovasının batısına ulaşmakta, ova içinde güneyden kuzeye yol almakta, Bursa şehrini doğudan batıya doğru kat etmekte ve Susurluk Çayı ile birleşerek Marmara Denizine dökülmektedir.

Uludağ bir granit batolittir. Uludağ'ın jeolojik yapısının genelini iç püskürük granit kayaları oluşturmaktadır. Milli park sınırları içinde granit ve gnays kayaları baskındır (Ketin, 1983). Dağın uzunluğu yaklaşık 40 km, genişliği 20 km'dir. Bugünkü şekli tektonik hareketler ve farklı erozif etkiler sonucu oluşmuştur. Uludağ zirvesinde son buzul devrinden kalma 9 adet irili ufaklı buzul gölü bulunmaktadır. Bunların bir kısmı yaz aylarında kurur. Uludağ tepenin kuzeyinde yer alan Karagöl, Kilimliçöl, Buzlugöl, Aynalıçöl ve Heybeliçöl en önemli göllerdir. Dağın kuzeybatısında ise Çayırıldere ve Koğukdere gölleri bulunur. Uludağ'ın kuzeye bakan yamaçlarında buzulların şekillendirdiği Yılanlıkaya, Devetaşı, Cennetkaya ve Çobankaya gibi ilgi çekici kaya oluşumları bulunur. Türkiye'nin önemli volfram maden yatakları Uludağ'da bulunmaktadır.

## İklim

Bursa şehir merkezinde yağışı bol Akdeniz iklim tipi görülürken, şehirden Uludağ'a doğru yükseldikçe buzlu kışların yoğun olduğu yüksek dağ iklimi görülmektedir. Uludağ etekleri Karadeniz ve Akdeniz ikliminin geçiş özelliklerine sahiptir. Zirvelere doğru çıkıldıkça nemli mikro termik iklim özelliği göstermektedir. Rakım arttıkça kar yağışı ve miktarı artmaktadır. Özellikle zirvelerde, kış aylarında buzul iklim görülür. Çok yıllık meteorolojik verilere göre (Uludağ Meteoroloji İstasyonu, rakım:1878m), bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 4,8 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı ise yaklaşık 1453 mm'dir (DMI, 2006). Uludağ, Aralık ve Mayıs ayları boyunca karla örtülü olup kış turizminin en yoğun olduğu dönem 20 Aralık - 20 Mart tarihleri arasındaki dönemdir. Yaz mevsiminde ise bölgede günübirlik piknik, kampçılık, dağcılık, doğa yürüyüşü gibi faaliyetler oldukça yoğundur.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1981-2010 iklim periyodu verilerinden ürettiği değerlendirmelere göre Uludağ bölgesinin DeMartonne iklim sınıflandırması kuraklık indisi 56,03 olup, iklim tipi nemli'dir. Trewartha iklim sınıflandırmasına göre (*evrensel sıcaklık ölçeğinde*) bölgenin kışları soğuk (-3,94 °C), yazları ise ılıman (14,41 °C) geçmektedir. Ayrıca, Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Uludağ, çok nemli, 2. derece mikro-termal, su noksanı olmayan veya pek az olan ve yaz buharlaşma oranı % 58 olan bir bölgedir (MGM, 2020).

## Doğal Bitki Örtüsü ve Fauna

Çalışma alanındaki doğal bitki örtüsü tipi esas olarak doğal ormanlar, Akdeniz maki, subalpin fundalıklar ve çayırlardan oluşmaktadır. Köy yerleşiminin olduğu kısımlarda hayvancılık ve orman ürünleri ağırlıklı bir üretim vardır. Az miktarda işlemeli tarım da yapılmaktadır.

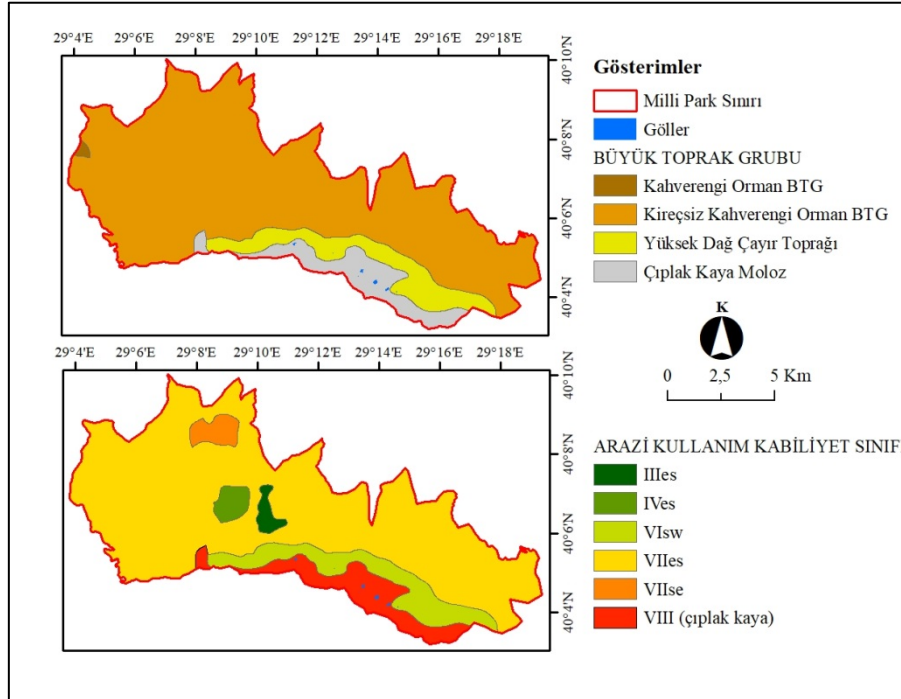
Uludağ, hem kendisine hem de Türkiye'ye özgü zengin ve çeşitli bitki türlerine ev sahipliği yapmakta, bitki türlerinin yayılış deseni bakımından da bitki coğrafyası açısından önemli bir bölge olarak kabul edilmektedir. Bitkisel zenginlik bakımında Uludağ'da yaklaşık 107 adet Türkiye endemiği ve 30 adet Uludağ'a özgü endemik tür tespit edilmiştir. Orman kuşağındaki ağaç topluluklarının genelini karışık kestane (*Castanea sativa*), sık doğu kayını (*Fagus orientalis*), sapsız meşe (*Quercus petraea*) ve Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana ssp. bornmuelleriana*) oluşturmaktadır. Uludağ Göknaarı Türkiye için endemik ağaç türlerinden birisidir. 2000 m üzerindeki yüksekliklerde ormanlar yerini subalpin fundalıklara, bodur çalı ve çayırlara bırakır (Anonim, 2020b). Bu türler dışında dağ etekleri ve yüksek kısımlarda maki, çınar, karaçam, kızılçam, titrek kavak, gürgen, ihlamur, ceviz, ladin, defne, dağ çileği, koca yemiş, katırtırnağı ve kızılıcık da farklı oranlarda yayılım göstermektedir.

Uludağ Milli Parkı'nda yaşayan 46 tür kelebek ve 11 tür bombus arısı bulunmaktadır (Anonim, 2020b). Uludağ için endemik tür olan Apollo kelebeği (*Parnassius apollo L.*) en ünlüsüdür. Apollo kelebek, Türkiye'de yaşayan en büyük kelebek türü olup Uludağ'da yaşayan tür görkemli renkleri ile ünlüdür. Temmuz ve Ağustos

aylarında ortaya çıkmaktadır. Dünyada sayıları azalmış olan Sakallı Akbaba (*Gypaetus barbatus*) Uludağ'da yaşayan önemli canlılardan birisidir. Uludağ, sakallı akbaba ve kaya kartalının üreme bölgelerinden birisi olduğundan önemli kuş alanı olarak belirlenmiştir. Ayrıca paçalı baykuşun Türkiye'de yaşadığı bilinen birkaç bölgeden birisi de Uludağ'dır. Bunların dışında milli park sınırları içinde çeşitli oranlarda yaşam bulan kuş türleri arasında akbaba, kaya kartalı, baykuş, şahin, doğan, atmaca, kerkenez, güvercin, çulluk, üveyik, keklik, karatavuk, ağaçkakan, saksağan, saka, bülbül, çalikuşu ve serçe sayılabilir. Karasal canlılar açısından incelendiğinde, Uludağ'da yaban domuzu, tavşan, sincap, dağ faresi, köstebek, kaplumbağa, tilki, çakal, kurt, yaban kedisi, porsuk, kirpi, sansar, karaca, ayı, yılan, kertenkele, kurbağa ve bazı sulara alabalık yaşam bulmaktadır (Anonim, 2020b). Ayrıca Yeşiltarla'da bir geyik üretme çiftliği bulunur. Buna ek olarak, kırmızı orman karıncaları ormanlardaki tüm zararlı böcekleri yiyerek parkın doğal bitki örtüsüne büyük faydalar sağladığı söylenebilir.

## Toprak Kaynakları

Uludağ Milli Parkı toprak kaynaklarının büyük kısmını kireçsiz kahverengi orman ve yüksek dağ çayır toprakları oluşturmaktadır (Anonim, 1995). Çalışma alanı sınırları içerisinde görülen büyük toprak grupları ve arazi kullanım kabiliyet sınıfları dağılım haritaları Şekil 4'de sunulmuştur. Büyük toprak gruplarının çalışma alanındaki dağılım oranları Çizelge 2'de, arazi kullanım kabiliyet sınıflarının dağılım oranları ise Çizelge 3'de verilmiştir. Milli park toprak kaynakları ile ilgili sunulan alansal bilgiler Bursa ili arazi varlığı raporu ve 1:100.000 ölçekli toprak haritasından derlenmiştir.



Şekil 4. Çalışma alanı büyük toprak grubu ve arazi kullanım kabiliyet sınıfları dağılımı haritaları

Bursa ili arazi varlığı raporu ve 1:100.000 ölçekli toprak haritasına göre, Uludağ Milli Parkı sınırları içerisinde kalan arazilerin yaklaşık % 82 (10648,53 ha) gibi büyük bir bölümünü Kireçsiz Kahverengi Orman Büyük Toprak Grubu toprakları oluşturmaktadır. Çalışma alanı içinde görülen diğer büyük toprak grupları ise, 1266,40 ha dağılım alanı ve % 9.7 oran ile Yüksek Dağ Çayır Toprakları ve 36,10 ha (% 0,3) alan kaplayan Kahverengi Orman topraklarıdır. Söz konusu toprak haritasına göre, milli park sınırları içerisinde Çıplak Kaya ve Moloz araziler ise 1073,04 ha (% 8,2) alan kaplamaktadır (Çizelge 2 ve Şekil 4).

**Çizelge 2.** Çalışma alanında yer alan büyük toprak grupları ve dağılım oranları

Büyük Toprak Grubu	Alan (ha)	Oran (%)
Kahverengi Orman	36,10	0,3
Kireçsiz Kahverengi Orman	10648,53	81,8
Yüksek Dağ Çayır Toprağı	1266,40	9,7
Çıplak Kaya, Moloz	1073,04	8,2
Toplam	13024,07	100

Çalışma alanının hakim toprak grubu olan Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları genellikle yaprağını döken orman altında oluşmuş A(B)C profilli topraklardır. İyi oluşmuş A horizonu altında bazen zayıf bir B horizonu görülür. Renkleri kahverengi-koyu kahverengi, yüzey toprağı granüler, yüzey altı toprağı genelde köşeli blok yapıdadır. B horizonunda yıkanmaya bağlı zayıf bir kil birikimi görülebilir. İğne yapraklı orman alanları ile zirve arasında kalan alpin bölgenin hakim toprak grubu olan Yüksek Dağ Çayır toprakları ise çeşitli ana materyal üzerinde ve soğuk iklim koşulları altında oluşmuş topraklardır. Drenajları genelde bozuk olup, oluşumlarında gleyleşme etkilidir. Bu topraklar genelde AC profillidir. Yüzey toprakları (A horizon) organik maddenin fazlalığı nedeniyle koyu kahverengindedir. Strüktürleri granülerdir. Çok ince tekstürlü topraklara rastlanmaz. Yüzey altında ise pas lekeleri görülür. Yüksek rakımdan dolayı uzun süre donmuş durumdadırlar. Yaz mevsiminin büyük bir kısmında yaş ve nemlidirler. İklim koşullarına bağlı olarak bu toprakların kuru kalma olasılıkları çok azdır. Doğal bitki örtüsünü alpin çayırlar ve fundalıklar oluşturur. Şekil 4’de verilen 1:100.000 ölçekli toprak haritasında görülmeyen ancak arazi çalışmaları ve bölge ile ilgili geçmiş deneyimlerden elde edilen gözlemlere göre Uludağ Milli Parkı arazilerinde Podzol olarak sınıflandırılacak topraklar da bulunmaktadır. Çalışma alanı içerisinde, özellikle iğne yapraklı orman örtüsü altında oluşmuş, ince organik horizon altında kalın bir A horizonuna sahip ve onun altında aşırı yıkanma ile ağırılmış tipik bir E horizonu bulunan Podzollere rastlanmaktadır. Bu toprakların bölgedeki dağılım alanları ve karakterleri hakkında detaylı çalışma yapılmalıdır. Milli park yakın çevresinde, dik yamaç eteklerinde, Kolüviyal topraklar da gözlemlenmektedir. Bu topraklar daha çok ince yüzey toprağına sahip sığ topraklar olup profil içinde ve yer yer yüzeylerinde kaba taş ve molozlar içerirler.

Tarımsal üretim açısından topraklar değerlendirildiğinde, tarımsal üretimi kısıtlayıcı faktörler olarak eğim, toprak sıklığı, yüzey taşlılığı ve drenaj yetersizliği sayılabilir. Bölge topraklarında tuzluluk ve alkalilik problemi görülmemektedir.



Bursa ili toprak haritasından arazilerin tarımsal kullanıma uygunluğu da (arazi kullanım kabiliyet sınıfları) çıkarılabilmektedir (Anonim, 1995). Buna göre milli park topraklarının % 77'si VIIes sınıfta yer almakta olup 10022,46 ha alan kaplamaktadır. Toprakların % 9,8'i (1276,36 ha) VIsw sınıf, % 8,2'si (1073,04 ha) VIII. sınıf (çıplak kaya), % 2,1'i (268,71 ha) VIIse sınıf, % 1,7'si IVes sınıf (224,43 ha) ve % 1,2'si IIIes sınıf (159,07 ha) arazi niteliğine sahiptir (Çizelge 3 ve Şekil 4). Burada ek olarak belirtilmelidir ki, özellikle Uludağ alpin bölgesi topraklarının arazi kullanım kabiliyet sınıfları için detaylı bir çalışma yapılmalıdır. İklimsel sınırlamalar (yetersiz sıcaklık, nem, don, vb.) araştırılmalıdır.

**Çizelge 3.** Çalışma alanı topraklarının arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve dağılım oranları

Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı	Alan (ha)	Oran (%)
IIIes	159,07	1,2
IVes	224,43	1,7
VIsw	1276,36	9,8
VIIes	10022,46	77,0
VIIse	268,71	2,1
VIII (çıplak kaya)	1073,04	8,2
Toplam	13024,07	100

Kabiliyet alt sınıfları: e: topoğrafik (eğim) sorunu varlığı (erozyon veya erozyona duyarlılık); s: toprak kısıtlayıcı sorun varlığı (sıgılık, taşlılık, tuzluluk, vb.); w: drenaj sorunu varlığı (kötü drenaj, devamlı ıslaklık, yüksek taban suyu varlığı, vb.)

### Çalışmada Kullanılan Veriler, Veri Tabanı ve Haritalama

Bu çalışmada, uzun yıllar bitki desenindeki farklılıkları ortaya çıkarmak için 03.09.1985 ve 20.08.2003 tarihli Landsat 5 TM ve 17.09.2019 tarihli Landsat 8 OLI uydu verileri kullanılmıştır. Tüm uydu verileri USGS (ABD Jeoloji Araştırma)'den elde edilmiştir. Meteorolojik verilerin vejetasyon üzerindeki etkisini en aza indirmek için farklı yıllara ait fakat benzer tarihli (ay olarak) ve bulutluluk oranı en az olan görüntüler seçilmiştir. Çalışmada kullanılan uydu verilerinin bazı temel özellikleri Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çalışma alanının topoğrafik özellikleri, sayısal yükseklik modeli ve gölge haritası ile temel yüzey suları 1:25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalardan sayısallaştırılmış ve oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan uydu verileri, sayısal topoğrafik haritalar ve sayısal eşyükselti eğrisi verilerinin birbiri üzerine doğru bir şekilde oturabilmesi (çakışma) için gerekli görülen coğrafik koordinat sistemi dönüşümü yapılmış ve CBS içinde çalışma alanına ait bir veri tabanı oluşturulmuştur. Topoğrafik haritalardan ekrandan sayısallaştırma tekniği ile yüzey suları ve yollar gibi coğrafik nesnelere ayrı tabakalar şeklinde sayısallaştırılmış ve veri tabanına eklenmiştir. Eşyükselti eğrilerinin (topoğrafik bilgilerin) yorumlanabilmesi için sayısal yükseklik modeli ve gölge haritaları oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.** Çalışmada kullanılan uydu verileri ve bazı temel özellikleri

Band	Dalga Boyu (µm)		Uzamsal Çözünürlük (m)
	Landsat 5 TM	Landsat 8 OLI	
Mavi	0.45-0.52	0.45-0.51	30
Yeşil	0.52-0.60	0.53-0.59	30
Kırmızı	0.63-0.69	0.64-0.67	30
Yakın Kıızıl Ötesi (NIR)	0.76-0.90	0.85-0.88	30
SWIR-1	1.55-1.75	1.57-1.65	30

Veri tabanı oluşturulması, uydu görüntüleri ve topoğrafik haritaların veri tabanına yüklenmesi, coğrafi koordinatlandırma, görüntü rektifikasyon, filtreleme ve sınıflandırma gibi uzaktan algılama tekniklerinin uygulanması, bitki deseni analizleri, verilerin işlenmesi, coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili diğer analizler ve çıktı haritalarının oluşturulması için ArcGIS 10.1 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yazılım, donanım, topoğrafik haritalar ve eşyüksekti eğrileri BUÜ Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi kaynaklarından sağlanmıştır.

Uydu verilerinde aşağıda detaylı olarak açıklandığı biçimde yansıma değerleri hesaplanmıştır. Yansıma değerini düzeltmek için her uydu verisinin NDVI eşitliği için gerekli olan NIR ve Kırmızı bandlara özgü güneş yükseklik açısı kullanılmıştır. Daha sonra düzeltilmiş verilerden NDVI yaklaşımı kullanarak vejetasyon örtüsü hesaplanmıştır.

Uydu verilerinin gözle yorumu, gerçekleştirilen arazi gezileri ve bölge hakkındaki kişisel tecrübeye dayanarak çalışma alanının arazi kullanım/örtüsünü temsilen bölgede yoğunlukla dağılım gösteren altı farklı arazi örtü türü belirlenmiştir. Söz konusu bu örtü tipleri ve detaylı açıklamaları Çizelge 5’de sunulmuştur.

**Çizelge 5.** Çalışma alanı için belirlenmiş olan arazi örtü tipleri

Sınıf	Arazi örtü tipi	Detaylı açıklama
1	Su yüzeyleri	Uydu görüntüsü tarihinde devamlı suya sahip göl Devamlı akar yüzey suları Su birikintileri
2	Çıplak kaya, yerleşim, erozyon yüzeyleri	Zirve bölgesinde yüzey toprağından yoksun kayalar Köy, tesis, bina, yol, aşınmış gezi yolları, kayak pistleri gibi kültürel objeler Şiddetli su erozyonu sebebiyle fazlaca aşınmış ve ana materyal büyük ölçüde açığa çıkmış yüzeyler
3	Çıplak toprak yüzeyleri	Bitki örtüsünden yoksun toprak yüzeyleri
4	Çayır	Toprak yüzeyini kaplamış kısa otlar ve alpin çayırlar
5	Çalılık ve fundalık	Yüksek ve yoğun çalılık araziler Bazı kısa boylu (bodur) ağaçlar
6	Orman	Yoğun ve karışık orman örtüsü

NDVI değerleri 1985, 2003 ve 2019 yılları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışma alanını temsilen belirlenen arazi örtü tiplerinin ortaya çıkarılması için incelenen yıllara ait NDVI haritaları tekrar sınıflandırılarak çalışma alanı arazi örtü haritaları üretilmiştir. NDVI haritalarının sınıflandırılması için kullanılan arazi örtü tiplerinin NDVI sınır değerleri, konu ve alan ile ilgili geçmiş deneyimlerden (Dirim ve ark., 2009; Ozsoy ve Aksoy, 2015a, 2015b), uydu verilerinin tek tek gözle yorumundan çıkarılan bilgilerden ve arazi gözlemlerinde NDVI değer aralıkları kontrol edilerek elde edilmiştir. Çalışma alanı için incelenen yıllar boyunca arazi örtüsündeki değişim belirlenmiş, arazi örtüsü tiplerinin alansal dağılımı hesaplanmıştır.

## NDVI Yaklaşımı

Çalışma alanında bitki örtüsü türünü ve bitki örtüsü yoğunluğunu yansıtmak için NDVI yaklaşımı kullanılmıştır. NDVI yöntemi, yaygın olarak Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi (İng: The Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) olarak bilinir ve NASA bilim adamları tarafından geliştirilmiştir. NDVI temel olarak yer üstü biokütlesinin bir tahminidir. NDVI genellikle tarımsal üretimin izlenmesi, ürün tahmini, yangın riski yüksek bölgelerin tahmini, kuraklığın izlenmesi ve çölleşme haritalarının oluşturulması için kullanılır. Kısaca, NDVI toprak yüzeyindeki yeşil biokütlenin bir görüntüsünün oluşturulmasını sağlayan standart bir indekstir. Bu indeks, çok bantlı bir raster veri kümesindeki iki bantın kontrast özelliklerinden yararlanır. Bu bantlar kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) bantlardır. İlgilenilen bir bölgedeki vejetasyonun varlığı veya yokluğunun ortaya çıkarılmasında, Kırmızı (red) banttaki klorofil pigment emilimi ve yakın kızılötesi (NIR) banttaki bitki materyallerinin yüksek yansımaları önemli kontrast değerleri sunmaktadır. Yeşil bitki örtüsünün büyümesini ve yoğunluğunu izlemek, kırmızı bant ve kızılötesi banttan gelen yansıma kullanılarak yapılabilir. Yeşil bitki örtüsü, yakın kızılötesi bantta görünür aralığa göre daha fazla enerji yansıtır. Fotosentez işlemi için kırmızı dalga boyunu daha fazla soğurur. Stresli, hastalıklı veya ölü yapraklar yakın kızılötesi bölgede daha az yansır.

NDVI, uzaktan algılama ölçümlerini analiz etmek ve gözlemlenen hedefin canlı yeşil bitki örtüsü içerip içermediğini değerlendirmek için benimsenen sayısal bir göstergedir (Ozsoy ve Aksoy, 2015a, 2015b). Genel olarak, bitki örtüsüne sahip olan alanlar nispeten daha yüksek NIR ve görünür bölgede (mavi, yeşil, kırmızı band) düşük yansıma değerleri göstermeleri sebebiyle yüksek NDVI değerleri alırlar. Bulut, su ve kar örtüsü görünür bölgede NIR banda oranla daha yüksek yansıma değerine sahiptir. Bu yüzden bu özellikler negatif indeks değerleri gösterir. Kaya ve çıplak toprak her iki band için benzer yansıma değerlerine sahiptir ve bunun sonucu olarak sıfıra yakın indeks değerleri gösterir. NDVI çoklukla küresel bitki örtüsünün izlenmesi için tercih edilir çünkü bitki yansımalarını etkileyen arazinin eğimi, eğim yönü ve diğer bazı faktörlerin elimine edilmesine yardımcı olur (Lillesand and Kiefer, 2000). NDVI denklemi aşağıdaki gibidir;

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

Burada; NIR: yakın kızıl ötesi band piksel değerleri ve R: kırmızı band piksel değerleri'ni göstermektedir. NDVI yönteminin çıktısı, yalnızca yeşili gösteren tek bantlı bir veri kümesi oluşturur. NDVI değerleri -1.0 ve 1.0 rakamları arasında bir değer alır.

## Uydu Verilerinden Yansıma Değerinin Hesaplanması

Bu çalışmada USGS'den elde edilen Landsat 5 ve Landsat 8 uydu platformlarına ait level-1 (seviye-1) verileri kullanılmıştır. Eşitlik 1'de verilen denklem ile NDVI hesaplanmadan önce, DN (dijital numaralar) verilerinin Ihlen ve Zanter (2019)'da detaylı olarak açıklandığı ve Anonim (2020d)'de önerildiği gibi yansıma verilerine dönüştürülmesi gerekmektedir.

Landsat level-1 verileri, ürün ile birlikte gelen metaveri (üst veri) dosyasından sağlanan radyometrik yeniden ölçeklendirme katsayıları kullanılarak TOA (top of atmosphere: atmosferin tepesi) yansımasına ve/veya radyansa (parlaklık) yeniden ölçeklendirilebilir. Metaveri dosyası, termal bant verilerini TOA parlaklık sıcaklığına dönüştürmek için gerekli olan sabit termal verileri de içermektedir. USGS tarafından sağlanan Landsat level-1 veri ürünleri, multispektral görüntü verilerini temsil eden sayısallaştırılmış ve kalibre edilmiş ölçekli Dijital Numaralardan (DN) oluşur. Landsat 8 OLI (operational land imager: operasyonel arazi görüntüleyici) ve TIRS (thermal infrared sensor: termal kızılötesi sensör) verileri 16 bit formatında imzasız (işaretsiz) tam sayı verilerdir. Landsat 1-7 görüntüleri ise tek sensör verilerinden üretilir ve 8 bit işaretsiz tamsayı formatındadır (Ihlen ve Zanter, 2019). Görüntüler, 32 bit formatta mutlak parlaklık birimlerinde işlenir. USGS tarafından sağlanan level-1 ürünlerde bu değerler 16 bit tam sayı değerlerine dönüştürülür. Bu veri, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla, ürünün metaveri dosyasından sağlanan radyans ölçeklendirme faktörleri kullanılarak spektral radyansa dönüştürülebilir (Ihlen ve Zanter, 2019).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Burada;

$L_{\lambda}$ : Spektral radyans (Watt/(m<sup>2</sup>\*srad\* $\mu$ m)),  $M_L$ : Banda özgü radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörü,  $A_L$ : Banda özgü parlaklık katkısı ölçeklendirme faktörü,  $Q_{cal}$ : ürünün DN piksel değerini (nicelenmiş ve kalibre edilmiş) ifade etmektedir.

Radyansa dönüştürmeye benzer şekilde, 16 bitlik tamsayı değerleri de TOA yansıtma oranına dönüştürülebilir (Ihlen ve Zanter, 2019). Bir başka deyişle, OLI spektral radyans (parlaklık) verileri, Landsat 8 OLI metaveri dosyasından sağlanan yansıtma (parlaklık) ölçeklendirme katsayıları kullanılarak TOA spektral radyasyona dönüştürülebilir. Aşağıdaki denklem OLI görüntüsü için DN değerlerini TOA yansımasına dönüştürmek için kullanılmaktadır.

$$\rho_{\lambda}' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (3)$$

Burada;  $\rho_\lambda'$ : TOA gezegensel spektral yansımaları ( $\rho_\lambda'$  güneş açısı için düzeltme içermez ve birimsizdir),  $M_p$ : Banda özgül yansımaya çarpımsal ölçeklendirme faktörü,  $A_p$ : Banda özgül yansımaya katkısı ölçeklendirme faktörü,  $Q_{cal}$ : ürünün DN piksel değerini (nicelenmiş ve kalibre edilmiş) ifade etmektedir.

Aslında,  $\rho_\lambda'$  gerçek TOA yansımaları değildir çünkü güneş yükseklik açısı için bir düzeltme faktörü içermemektedir. USGS'den elde edilen level-1 uydu verilerinde bu düzeltme faktörü bulunmamaktadır. Bunun nedeni kullanıcıların farklı tercihleridir. Bazı kullanıcılar metaveri de bulunan görüntü merkezi güneş yükseklik açısını çalışmaları için yeterli bulurlar. Diğer bazı kullanıcılar ise tüm görüntü boyunca her piksel başına düşen güneş yükseklik açısını hesaplamayı tercih ederler. Bir güneş yükseklik açısı seçildiğinde, gerçek TOA yansımalarına dönüşüm aşağıdaki eşitlik ile yapılabilir (Ihlen ve Zanter, 2019).

$$\rho_\lambda = \rho_\lambda' / \cos(Q_{SZ}) = \rho_\lambda' / \sin(Q_{SE}) \quad (4)$$

Burada;  $\rho_\lambda$ : TOA gezegensel yansımaları,  $\rho_\lambda'$ : TOA gezegensel spektral yansımaları,  $\theta_{SE}$ : yerel güneş yükseklik açısı (görüntü merkezi güneş yükseklik açısı derece cinsinden metaveri dosyasında bulunur),  $\theta_{SZ}$ : yerel güneş zenith açısını ( $\theta_{SZ}=90^\circ-\theta_{SE}$ ) ifade etmektedir.

## Bulgular ve Tartışma

Uludağ Milli Parkı'nı içeren Eylül 1985, Ağustos 2003 ve Eylül 2019 tarihli Landsat uydu verileri kullanılarak, yöntem bölümünde detayları ile anlatıldığı biçimde, parkın çok yıllık NDVI haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanı vejetasyonunu temsil edecek şekilde belirlenen arazi örtü tipleri ve bu arazi örtü sınıflarının sınır değerlerine göre NDVI haritaları sınıflandırılmıştır. Her bir arazi kullanım/örtü türü için belirlenen NDVI sınır değerleri Çizelge 6'da sunulmuştur.

**Çizelge 6.** Uludağ Milli Parkı arazi kullanım/örtü sınıflarının belirlenmesi için saptanan NDVI sınır değerleri

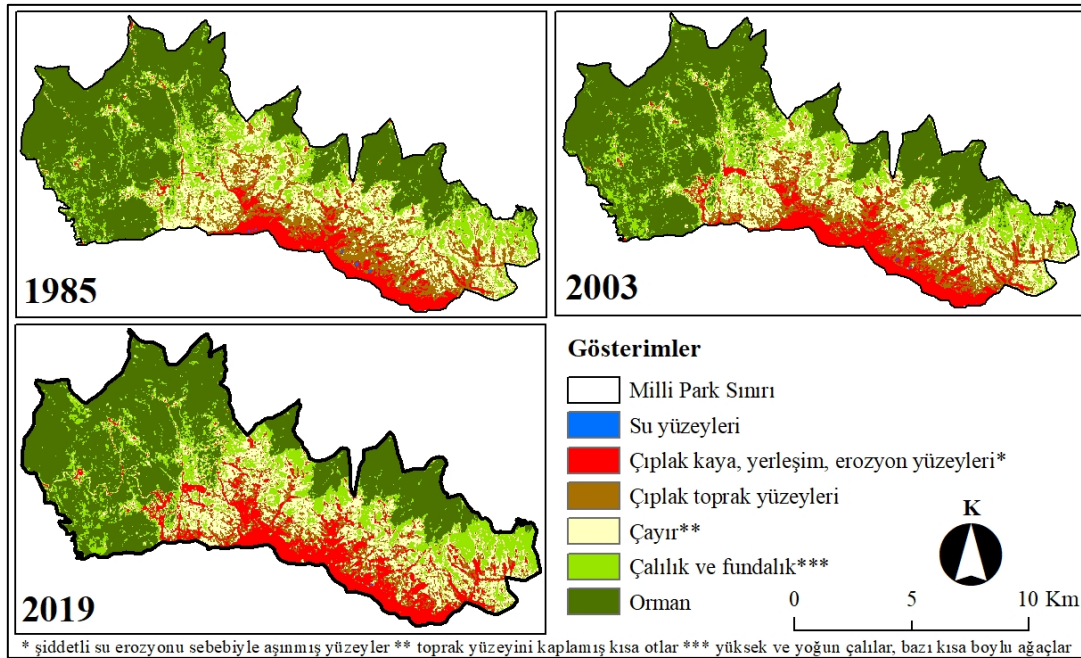
NDVI Sınıfı	Arazi Kullanım/Örtü Sınıfı
< 0	Su yüzeyleri
0 - 0,1	Çıplak kaya, yerleşim, erozyon yüzeyleri (şiddetli su erozyonu sebebiyle aşınmış yüzeyler)
0,1 - 0,2	Çıplak toprak yüzeyleri
0,2 - 0,3	Çayır (toprak yüzeyini kaplamış kısa otlar)
0,3 - 0,5	Çalılık ve fundalık (yüksek ve yoğun çalılar, bazı kısa boylu ağaçlar)
> 0,5	Orman

Milli parkın 1985, 2003 ve 2019 yılları için hesaplanan NDVI verileri Çizelge 6'da verilen sınır değerlere göre tekrar sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucu üretilen arazi kullanım/arazi örtüsü dağılımı haritaları Şekil 5'de verilmiştir. Sınıflandırılmış haritalarda her bir arazi kullanım/örtü tipinin kapladığı alan hesaplanmıştır.

İncelenen yıllara göre, çalışma alanı için belirlenen arazi kullanım türlerinin milli park sınırı içinde kapladığı alan ve oransal dağılımları ile ilgili bilgiler Çizelge 7’de görülebilir.

Sınıflandırılmış haritalarda koyu yeşil renkle belirtilen bölgeler karışık doğal ormanlık alanları ve açık yeşil renkteki kısımlar ise çalı ve fundalık ile kaplı arazileri temsil etmektedir. Aynı haritalarda, sarı renk alpin çayırları, kahverengi ile gösterilen bölgeler bitkiden yoksun çıplak toprak yüzeylerini, kırmızı renk çıplak kaya, yerleşim ve şiddetli erozyona maruz kalmış ve fazlaca aşınmış arazi örtü tipini ve mavi renk ile maskelenmiş alanlar ise su yüzeylerini temsil etmektedir. Uludağ Milli Parkı arazi kullanım/örtü türlerindeki çok yıllık alansal değişim oranları Şekil 6’da sunulmuştur.

Çizelge 7’de sunulan çok yıllık verilere ve Şekil 6’da verilen grafikte de incelenebileceği üzere Uludağ Milli Parkı arazilerinde su yüzeylerinin alansal dağılımları azalmaktadır. 1985 yılında alanın % 0,1’ini kaplayan su yüzeyleri (göl ve akar dere) 2019 yılı verilerine göre % 0,02’ye gerilemiştir. Bu durum küresel ısınmaya bağlı kuraklık ile açıklanabileceği gibi yıllara bağlı mevsimsel yağışlardaki farklılık ile de açıklanabilir. Zira 2003 yılı için elde edilen verilere göre su yüzeyleri alanın % 0,6’sını kaplamaktadır (Çizelge 7). Arazi gezisi sırasında da tespit edildiği üzere 2019 yılında özellikle göller bölgesinde bulunan bazı buzul göllerinin su miktarındaki azlık, bu çalışmada üretilen aynı yıla ait sınıflandırılmış haritada da önemli bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır. Bilim insanları küresel ısınmanın en önemli sonuçlarından birisinin de yağış rejiminin değişmesi olarak göstermektedirler. Uludağ için küresel ısınma etkisi, buharlaşma miktarı, ortalama sıcaklık ve yağış rejiminde yıllara göre azalma/artma olup olmadığının ayrıca araştırılması gerekmektedir.



Şekil 5. Uludağ Milli Parkı 1985, 2003 ve 2019 yılları arazi kullanım/örtüsü dağılımı haritaları

**Çizelge 7.** Uludağ Milli Parkı için belirlenen arazi kullanım/örtü türlerinin 1985, 2003 ve 2019 yıllarındaki dağılımı

Sınıf	Tarih	1985		2003		2019	
		Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)
Su yüzeyleri		7,46	0,1	76,22	0,6	2,9	0,0 (0,02)
Çıplak kaya, yerleşim, erozyon yüzeyleri *		1019,61	7,8	1134,72	8,7	1730,77	13,3
Çıplak toprak yüzeyleri		1719,09	13,2	1656,54	12,7	1024,11	7,9
Çayır **		2435,22	18,7	2253,69	17,3	2163,6	16,6
Çalılık ve fundalık ***		2174,58	16,7	2145,96	16,5	2343,5	18,0
Orman		5668,11	43,5	5756,94	44,2	5759,19	44,2
Toplam		13024,07	100,0	13024,07	100,0	13024,07	100,0

\* şiddetli su erozyonu sebebiyle aşınmış yüzeyler.

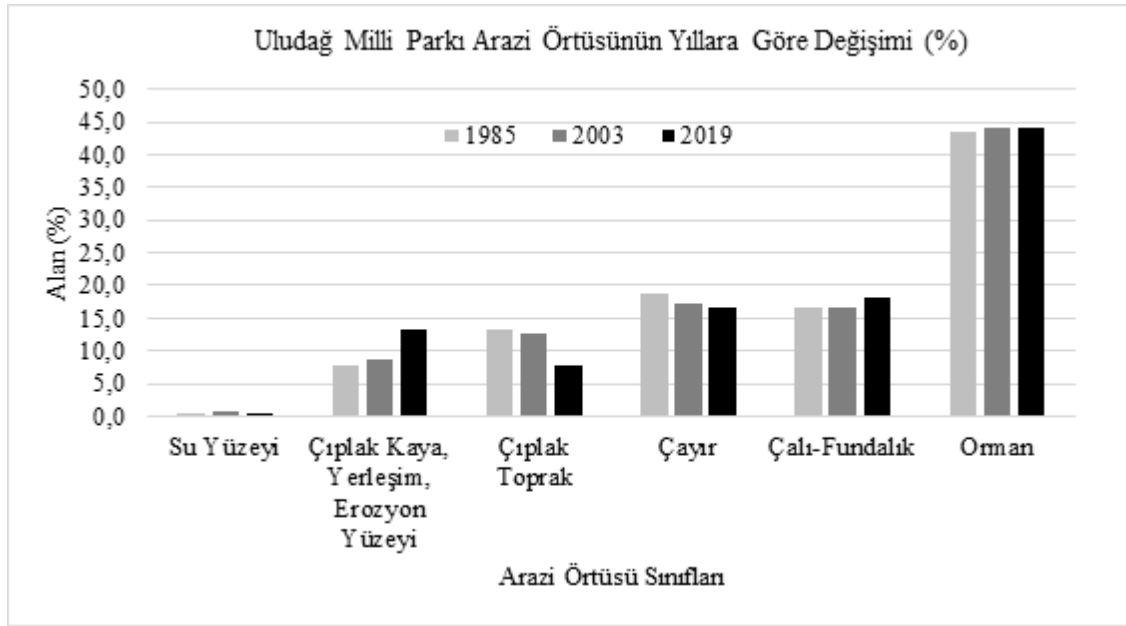
\*\* toprak yüzeyini kaplamış kısa otlar

\*\*\* yüksek ve yoğun çalılar, bazı kısa boylu ağaçlar

Çalışma alanında çıplak kaya, yerleşim ve şiddetli erozyon yüzeyleri aynı arazi kullanım/örtü tipi içinde sınıflandırılmıştır. Bunun en büyük sebebi yansıma değerlerinin birbirine çok fazla yakın olmasıdır. Milli parkta çıplak kaya, yerleşim ve şiddetli erozyon yüzeyleri 1985, 2003 ve 2019 yıllarında sırasıyla tüm alanın % 7,8 (1019,6 ha), % 8,7 (1134,7 ha) ve % 13,3'ünü (1730,7 ha) kaplamaktadır. Bu verilerden çalışma alanında çıplak kaya, yerleşim ve şiddetli erozyon yüzeylerinde kayda değer bir artış olduğu görülmektedir. 1985-2019 yılı verileri kıyaslandığında bu artış % 5,5 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 7).

Milli parkta, bitkiden yoksun çıplak toprak yüzeylerinde yıllara bağlı olarak azalma gerçekleştiği saptanmıştır. 1985 yılı için hesaplanan verilere göre milli park arazilerinde çıplak toprak yüzeyleri çalışma alanının yaklaşık 1719,1 ha alan ile % 13,2'sini kaplarken, bu oran 2003 yılı verilerine göre alanın % 12,7'sini (1656,5 ha) ve 2019 yılı için % 7,9'unu (1024,1 ha) oluşturmaktadır. Elde edilen verilere göre 1985 yılında alanın % 13,2'sini oluşturan çıplak toprak yüzeyleri geçen süre zarfında çıplak kaya, yerleşim ve az bir kısmının da çayır örtüsü arazi kullanım/örtü tipine dönüşmüş olduğu söylenebilir (Çizelge 7). Bu durum, çalışma alanındaki erozyon süreçleri de dikkate alındığında milli park arazileri için önlem alınması gereken bir husustur. Eğimli bölgelerdeki çıplak toprak yüzeyleri toprak erozyonuna hassas alanlardan birini oluşturur ve erozyon sebebiyle oluşabilecek toprak kayıplarını artırıcı etkisi bulunmaktadır (Ozsoy ve ark., 2012).





Şekil 6. Uludağ Milli Parkı 1985, 2003 ve 2019 yılları arazi kullanım/örtüsü alansal değişimi

Alpin çayırları, 1985, 2003 ve 2019 yılı için elde edilen sonuçlara göre milli park arazilerinin sırasıyla % 18,7 (2435,2 ha), % 17,3 (2253,6 ha) ve 2163,6 ha ile % 16,6'sını kapladığı tespit edilmiştir (Çizelge 7). Zaman içinde gerçekleşmiş olan çayır alanlarındaki yaklaşık % 2'lik gerilemedeki en önemli sebepler arasında bazı çayır alanlarında susuzluğa bağlı kurumalar, insan aktivitesi sonucu açılmalar ile yerleşim-yol sınıfına dönüşüm ve bazı çayır alanlarının çalılışması ve yansıma değerlerinin değişerek çalı-fundalık sınıfına dahil olması gösterilebilir.

Alpin çalılık ve fundalık araziler 1985 yılı için elde edilen verilere göre milli park arazilerinin % 16,7'sini oluşturmaktadır. Bu oran 2003 yılı için % 16,5 ve 2019 yılı için % 18 olarak hesaplanmıştır. Milli parkta çalılık ve fundalık araziler 1985, 2003 ve 2019 yılları için üretilen verilere göre sırasıyla 2174,5 ha, 2145,9 ha ve 2343,5 ha alan kapladığı tespit edilmiştir (Çizelge 7). Sonuçlara göre alpin çalı ve fundalık arazilerin zaman içinde alansal dağılımlarını % 1,3 gibi ufak bir oranla arttırdığı söylenebilir. Elde edilen veriler incelendiğinde bu artışın büyük oranda 2003 yılından sonra gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu durumun en önemli gözlemlenen nedenleri olarak ormanlara komşu bölgelerde bulunan bazı çayır örtüsünün zaman içinde çalılışması, 1985 yılında orman olarak sınıflandırılmış olan bazı kısımlarda ağaçların zaman içinde bodurlaşması, ağaç kaybı ve hastalık gibi bazı önemli etkiler sonucu ormanların zayıflaması gösterilebilir. Sık orman alanında oluşabilecek ve ağaçların fizyolojilerini olumsuz etkileyen hastalık ve haşere faaliyetleri sonucu yaprak dökülmesi, kloroz ve dal kuruması gibi olgular sebebiyle orman alanlarının yansıma değerleri zayıflayabilmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre Uludağ Milli Parkı'nda en fazla alan kaplayan arazi kullanım/örtü tipi doğal ormanlardır. Bu çalışmanın sonuçları günümüzde (2019 yılı) milli park arazilerinin % 44,2'sinin doğal ormanlar ile kaplı olduğunu göstermektedir. Bu oran 1985 yılında % 43,5 olarak hesaplanmıştır. Doğal ormanlık alanlar 1985 yılında 5668,1 ha alana sahip iken, 2003 ve 2019 yıllarında ormanlık alanlar sırasıyla 5756,9 ha ve

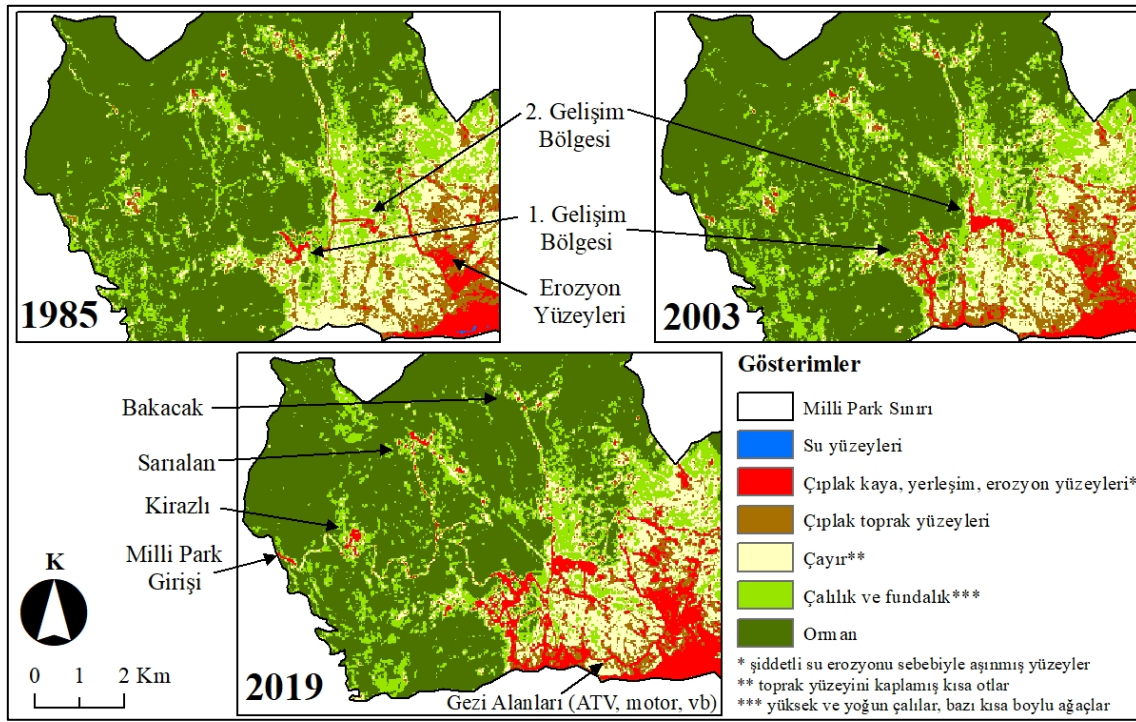
5759,1 ha olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7). 1985-2019 yılları için elde edilen veriler kıyaslandığında, milli parkta doğal ormanlık alanların az da olsa alansal miktarının veya yoğunluklarının arttığı anlaşılmaktadır. Uludağ Milli Parkı'nda, son 34 yıllık sürede, ormanlık alanlardaki artışın yaklaşık 91 ha ve % 0,7 oranla gerçekleştiği söylenebilir. Ormanlık alanlardaki bu artışın iki önemli sebebi bulunmaktadır. Bunlardan ilki, milli parkta yürütülen uygun ormancılık faaliyetleri ve bazı bölgelerde korumanın sağlanabilmiş olmasıdır. Bu alanlarda kaçak ağaç kesiminin de önüne geçilmiş olduğu söylenebilir. Bir diğer sebep, aslında seyrek, yüksek çalı veya bozuk orman niteliğinde olan bazı bölgelerin 1985 yılı görüntülerinde çalı-fundalık olarak sınıflandığı görülebilmektedir. Zaman içinde orman sıklaşması, ağaçların gelişmesi gibi sebepler ile söz konusu bu bölgelerin yansıma değerleri artmış ve 2019 yılı görüntülerinde orman olarak sınıflandığı söylenebilir.

Dirim ve ark. (2009), 1984-1998 yıllarını kapsayan Uludağ ve yakın çevresindeki bitki örtüsündeki değişimleri inceledikleri çalışmalarında bitki örtüsündeki yoğun bozulmaların yayla yerleşim alanlarının yakınındaki arazilerde meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Söz konusu çalışma milli park sınırını da içine alan ve yaklaşık 97100 ha alanda yürütülmüş ve Uludağ Mili Parkı çevresinde yer alan köy yerleşimleri de bu çalışma kapsamına alınmıştır. Söz konusu çalışmada, yıllar içinde köy yerleşimlerinin alansal olarak genişlediği ve bu bölgelerde ormanlık alanların kaçak kesim, tarıma açma gibi nedenlerle azaldığı belirtilmiştir. Söz konusu çalışma ile bu çalışma karşılaştırıldığında, özellikle çıplak kaya-toprak ve az yoğun bitkili-çayır gibi sınıflar için tespit edilen veriler birbirini desteklemekte, insan etkisi-orman-erozyon ilişkisi benzer sonuçlar içermektedir. Milli park içinde kalan yayla yerleşimleri civarı gözlenen arazi bozulmaları ile park sınırı dışında kalan Uludağ köy yerleşim alanlarındaki bozulmalar birbirine benzemektedir. İnsanların yoğun olduğu köy yerleşimleri civarında arazi tahribatı ve orman bozulumu daha yoğundur. Özellikle milli park sınırları içinde kalan insanların ulaşamayacağı yükseklikler veya eğimli arazilerdeki orman vejetasyonu ise korunabilmekte ve hatta az da olsa zaman içinde yoğunlaşarak alanını arttırabilmektedir.

İncelenen yıllara göre, Uludağ Milli Parkı arazi kullanım/örtüsü dağılımında tespit edilen önemli farklılıkların incelenebileceği yakınlaştırılmış arazi kullanım/örtü haritaları Şekil 7'de verilmiştir. Söz konusu haritalar yakından gözlemlendiğinde milli parktaki yoğun insan etkisinin izleri görülebilmektedir. Şekil 7'de sunulan 1985-2003-2019 yılı haritaları karşılaştırıldığında, özellikle milli park girişinden kayak merkezine ulaşımı gerçekleştiren karayolu zaman içinde büyük ihtimalle yol genişletme ve yoğun kullanım ile daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Yolun her iki yanında 1985 yılında orman olarak sınıflandırılmış olan yola komşu arazilerin büyük çoğunluğu 2019 yılı sonuçlarına göre çalı-fundalık sınıfına dönüşmüş olduğu kolaylıkla izlenebilmektedir. Yıllar içinde söz konusu yol boyunca NDVI yansıma değerlerinin düştüğü dolayısıyla bitki yoğunluğunun azaldığı tespit edilmiştir. Bu yol ile beraber özellikle piknik ve kamp aktiviteleri için insanların yoğun olarak ziyaret ettiği Kirazlıyayla, Sarıalan ve Bakacak mevkiinde çıplak kaya-yerleşim sınıfının zaman içinde arttığı açıkça görülebilmektedir.

Şekil 7'de verilen yakınlaştırılmış haritalardan da görüleceği üzere çıplak kaya-yerleşim-erozyon yüzeyleri arazi kullanım/örtü sınıfı arazilerin yıllar içinde 1. ve 2. gelişim bölgesini kapsayan kayak merkezinde fazlaca arttığı belirlenmiştir. Bunun yanında, özellikle son yıllarda yoğun insan aktivitelerinin görüldüğü kayak merkezi doğusu ve güney yamaçları ile göller bölgesi-zirveye giden yollar daha da belirgin hale gelmiştir. Bu bölgelerde

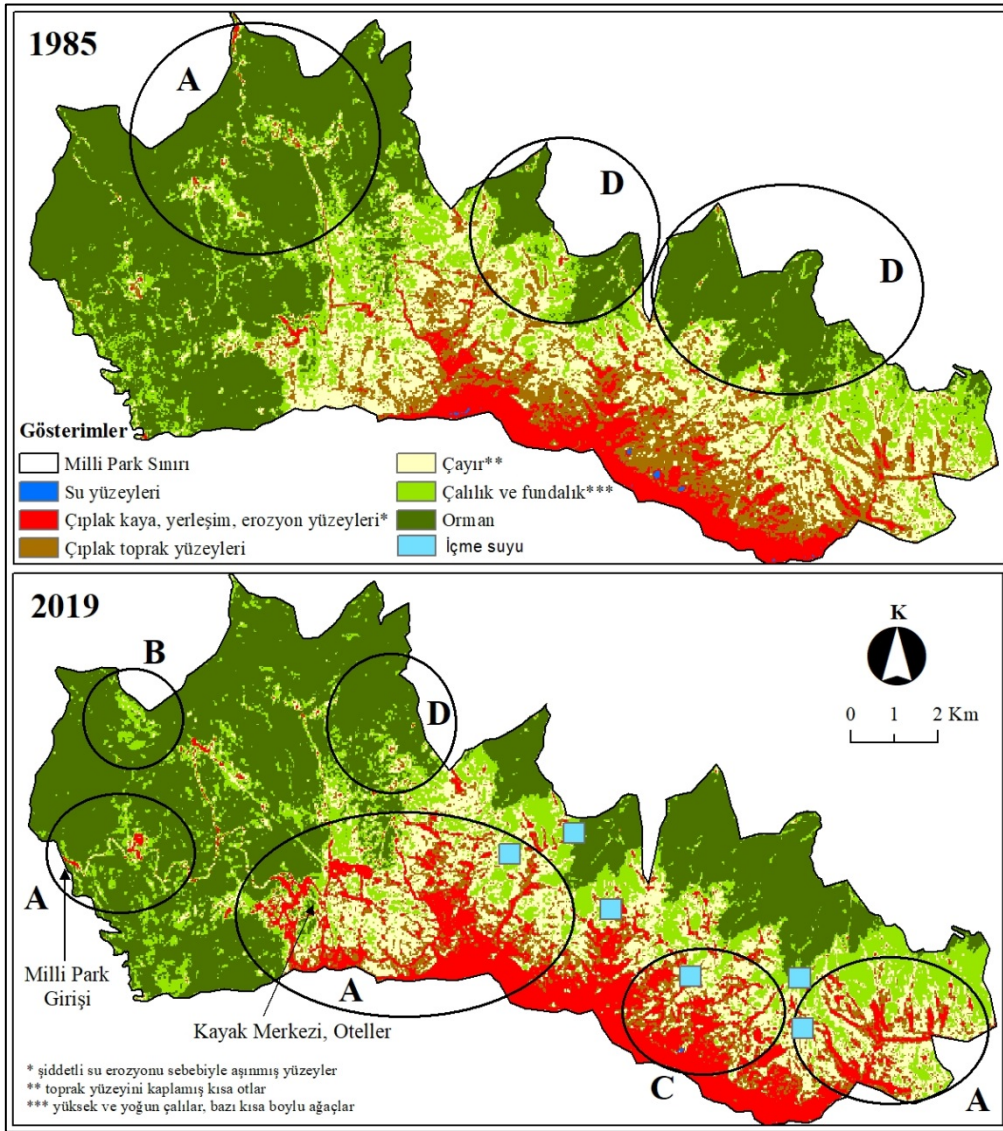
çıplak kaya-yerleşim-erozyon yüzeyleri arazi kullanım/örtü sınıfı çok belirgin biçimde artış göstermiştir. 2019 yılı haritasında, 2. gelişim bölgesi yeni kayak pistleri, atv ve motor sürüşü, offroad, vb. aktivitelere çıkılan gezi alanları açık şekilde görülebilmektedir. Bu bölgelerde ve özellikle gezi alanlarında insan aktivitesinin serbestliğinin kontrolü sağlanmalıdır. Kayak merkezi dışında kalan bölgelerde turistlerin serbestçe dolaşmasına, izinsiz ve bireysel doğa yürüyüşlerine çıkmalarına, kamp tescili olmayan yerlerde kaçak kamp kurmalarına izin verilmemelidir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Uludağ'da gerçekleştirilecek yaz ve kış doğa yürüyüşü için gezi rotaları oluşturmuştur (Anonim, 2020b). Ziyaretçilerin bu gezi rotalarından başka gelişigüzel yeni rotalar belirlemesinin önüne geçilmesi gerekir. Gezi rotalarının maksimum insan taşıma yoğunluğu araştırılmalı ve buna göre gezi başına düşecek turist sayısından fazla insan kabul edilmemelidir. Ayrıca, insanların gezi sırasında ormanlık veya fundalık alandan yemiş yeme, kamp gibi olgulardan faydalanmak için rotaları terk etmeleri önlenmeli ve rota boyunca vejetasyona zarar vermemeleri sağlanmalıdır. Zira bu bölgelerde geçmişte alpin çayırların ve ormanların daha yoğun olduğu açıkça haritalardan gözlemlenebilmektedir.



Şekil 7. Uludağ Milli Parkı arazi kullanım/örtüsü dağılımında incelenen yıllara göre tespit edilen önemli farklılıklar ve insan etkilerinin incelenebileceği yakınlaştırılmış arazi kullanım/örtü haritaları

Ek olarak, özellikle Sarıalan'ın kuzey batı kesiminde yer alan orman alanının yıllar içinde zayıflayarak çalılık sınıfına düştüğü görülmektedir (Şekil 7). Buna karşılık insanların kolaylıkla ulaşamayacağı yüksek eğime sahip yamaçlarda bulunan doğal ormanların zaman içinde sıklaştığı da söylenebilir. Bu durumun getirdiği en önemli sonuç; Ulaşımın güç olduğu insan aktivitesi yaşanmayan bölgelerde zamanla ormanlık alanların yansımaya değerleri yükselmiş, ormanlar sıklaşmış ve alanlarını az da olsa artırmış gözükmektedir.

Uludağ Milli Parkı'nda belirlenen arazi kullanım/örtü tiplerindeki son 34 yıllık (1985-2019) değişimleri gösteren haritalar Şekil 8'de sunulmuştur. Söz konusu haritalarda, arazi kullanım/örtü türlerinde önemli değişimlerin tespit edildiği bölgeler işaretlenmiştir. Şekil 8'den gözlemleneceği üzere, "D" ile belirtilen özellikle çalışma alanının kuzey yamaçlarında zaman içinde doğal ormanlık alanda yoğunlaşma ve 1985 yılı verilerine kıyasla 2019 yılı için üretilen verilerde daha yüksek yansımaya değerleri tespit edilmiştir. "A" ile işaretlenmiş olan bölgeler 2019 yılı verilerine göre birbirine çok yakın yansımaya değerine sahip yerleşim alanı, çıplak kaya ve şiddetli erozyon yüzeyi arazi kullanım/örtü sınıfının fazlaca artış gösterdiği bölgelerdir. "B" sembolü ile gösterilen bölge ise doğal ormanlık alanda zaman içinde gerçekleşmiş olan yansımaya düşüklüğünün iyi bir örneğini oluşturmaktadır. Bu bölgenin arazi kullanım/örtü sınıfı 1985 yılı yansımaya değerine göre doğal orman, 2019 yılı verilerine göre ise çalı-fundalık olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Uludağ Milli Parkı son 34 yıllık (1985-2019) arazi kullanım/örtü dağılımı haritaları ve önemli değişimlerin tespit edildiği bölgeler



Çalışma alanında çıplak toprak yüzeyi sınıfından şiddetli erozyon yüzeyi sınıfına olan geçişlere en çarpıcı örnek alan “C” sembolü ile belirtilen kısımda tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneyi ve doğusunda “A” ile belirtilen kısımlarda da kayda değer erozyon izlerinde artış saptanmıştır. Bu bölgelerin korunması özellikle tatlı su kaynaklarına yakınlığı dikkate alındığında önemlidir. Bursa şehri için vazgeçilmez su kaynaklarına sahip olan Kırkpınarlar bölgesinin zaman içinde gerek şehirleşme gerekse de bitkilerdeki zayıflama ile beraber şiddetli erozyon yüzeylerindeki artış sonucu tehdit altında olduğu söylenebilir. Dorak ve ark. (2019), Nilüfer Çayı’nın kentsel ve endüstri atıklarının deşarjı ile kirlendiğini ve su kalitesinin kötüleştiğini bildirmektedir. Yürütülen bir çalışmada, Nilüfer Çayı’nın içerdiği elementlere göre II. ve IV. sınıf su kalitesinde olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca aynı araştırma sonuçlarına göre Nilüfer Çayı dip çamurunda ağır metal birikimi olduğu ve dip çamurunun orta-aşırı derecede kirlenmiş sınıfında yer aldığı belirtilmiştir. Aynı araştırmaya göre Nilüfer Çayı kaynağına yakın bölgede kirlilik tespit edilmemiş ancak çayın kaynaktan uzaklaştığı ve Bursa şehri ile bütünleştiği bölgelerde kirlilik başlamış ve artarak devam etmiştir (Aşık ve Özsoy, 2016). Söz konusu araştırmalara göre, zaten Bursa şehrine girişinden itibaren kirli su sınıfına dönüşen Nilüfer Çayı’nın temiz su sınıfında bulunan Uludağ’daki kaynağının ve onun yakın çevresinin temiz tutulması Nilüfer Çayı’nın geleceği için önemlidir. Bursa Büyükşehir Belediyesi Nilüfer Çayı yatağının temizlenmesi ve sel-taşkın zararı kontrolü için çeşitli projeler üretmektedir. Eğer çayın kaynağı kirlenirse bu projeler önemini yitirebilir. Bu çalışma ile tespit edilen Uludağ’daki kaynak sularına olan erozyon ve insan baskısı Nilüfer Çayı ve onu besleyen kolların daha kaynağından itibaren kirlenmesine veya askıda katı maddelerce (siltasyon) yüklenmesine yol açabilir. Nilüfer Çayı’nın korunması, temizlenmesi ve gelecek nesillere sürdürülebilirliğinin aktarımı için çay kaynağından başlanılarak korunmalı, kirlenmeye karşı önlemler alınmalı ve yönetim planı geliştirilmelidir.

## Sonuç

İncelenen 34 yıllık verilere göre, Uludağ Milli Parkı sınırları içinde bulunan 1. ve 2. gelişme bölgelerini kapsayan kayak merkezi ve yakın çevresinde kentleşme ve erozyon izlerinde artış ile beraber vejetasyonda azalma belirlenmiştir. İncelenen yıllar içinde su yüzeylerindeki azalma, zirveye yakın kısımlarda daha önce yüzeyi ince toprak tabakası ile örtülü olan bazı çıplak kaya yüzeylerinin toprak örtüsünü kaybettiği ve çıplak kaya görünümünün arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanında şiddetli erozyona maruz kalan yüzeylerde artış gözlemlenmiştir. Bu artıştaki ana sebepte doğal süreçler yanında insan etkisinin payı oldukça yüksektir. Kış ve yaz turistik faaliyetleri için insanların yoğun olarak ziyaret ettiği çoğu bölgede bitki örtüsünde zayıflama veya bitki yoğunluğunda azalma tespit edilmiştir. Bölgede muhtemelen tertiplenen düzensiz ve izinsiz doğa yürüyüşü, off-road, atv, vb. gezi rotaları, yetkili ve yetkisiz rotalardaki insan ve araç yoğunluğu, bu etkinliklerde insanların çevreye zarar vermeleri ve izinsiz kampçılık gibi turistik faaliyetler bitki yoğunluğuna zarar verici eylemleri de beraberinde getirebilmektedir. Yaz ve kış Uludağ turizmi için, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nün belirlediği gezi rotaları dışında etkinlik düzenlenmemelidir. Söz konusu rotalarda çevre ve bitki örtüsünün korunması için gerekli önlemler alınmalı, bu rotalar dışında gelişigüzel ve

yetkisiz rota oluşturulmasına izin verilmemelidir. Yeni gezi rotası oluşturulmak isteniyorsa, mutlaka ilgili kurumdan izin alınmalıdır. Kayak merkezi dışında Uludağ'da turistlerin serbestçe dolaşmasına izin verilmemelidir. Bu durum hem turistlerin kendi güvenliği hem de çevre sağlığı için büyük önem arz etmektedir. Bitki yoğunluğundaki azalma bitki/ağaç hastalıkları ile de ilgili olabilir ve ayrıca araştırılmalıdır.

Çalışma alanındaki zarar görmüş veya zayıflamış alpin çayırlar ve fundalıklar iyi yönetilmeli, korunmalı ve verimliliklerini yükseltici projeler geliştirilmelidir. Çalışma alanında incelenen 34 yıllık süreçte çayır örtüsünün yoğunluğunun azaldığı tespit edilmiştir. Çalı ve fundalık arazilerde ise hafif bir artış tespit edilmiştir. Yüksek dağ çayır alanlarında şiddetli erozyon yüzeylerinin azaltılması adına alpin çayırlarının sağlığı ve yoğunluğu önemlidir.

Diğer yandan, bu çalışmada insanların ulaşamadığı bazı yüksek ve eğimli bölgelerde veya kontrolün sağlanabildiği ormanlık kısımlarda, incelenen yıllar içinde bitki örtüsünde yoğunlaşma gerçekleştiği tespit edilmiştir. Az da olsa doğal ormanlık arazilerindeki bu yoğunluk artışı daha çok insanların ulaşamadığı eğimli bölgelerdeki ve bazı sıkı kontrol ile korunan ormanlık alanlarda gerçekleşmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, insan etkisi kontrol altına alındığında ve gerekli erozyon önleme faaliyetleri ile Uludağ'da zamanla doğal bitki örtüsünün daha da yoğunlaşacağı ve yeşereceği söylenebilir.

Ek olarak, bu çalışma sonuçları arasında yer alan su yüzeylerindeki azalmanın küresel ısınma ile ilgili olup olmadığını ayrıca araştırılması gerekir. Uludağ ve yakın çevresi ile ilgili küresel ısınma etkilerinin ne düzeyde olduğunu saptanması alpin çayırların sağlığı için de önemlidir. Yıl boyunca alpin çayırları üzerinde kar örtüsünün kalma süresi, karın erime hızı ve dolayısıyla bu sulardan bitkilerin faydalanma süresi, ortam ısı ve mevsimsel sıcaklık dalgalanması gibi faktörlerin alpin çayır alanların verimliliği üzerine büyük etkileri bulunmaktadır.

Coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama teknikleri ile desteklenen bu çalışma, bitki deseni yoğunluğu ve arazi kullanım durumu türlerinin belirlenmesi adına çok yıllık (34 yıl) veri sağlaması, veri değişiminin yıllar içindeki farklılığının incelenmesi, çalışmanın hızlı yürütülmesi, zaman ve maliyette tasarruf edilmesi açısından büyük faydalar yaratmıştır. Çalışma alanı için oluşturulan veri tabanı Uludağ ve çevresinde yürütülecek gelecek çalışmalar için ve ayrıca karar vericilere de iyi bir kaynak oluşturmaktadır.

## **Teşekkür Bilgi Notu**

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

## Kaynakça

- Aksoy, E. and Özsoy, G. 2002. Investigation of multi-temporal land use/cover and shoreline changes of the Uluabat lake Ramsar site using RS and GIS. International Conference on Sustainable Land Use and Management, 10-13 June 2002, Çanakkale-Turkey. p.318-325.
- Aksoy, E. ve Özsoy, G. 2004. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Uludağ Üniversitesi Yerleşkesi arazilerinde arazi kullanım haritalaması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 57-68.
- Aksoy, E. ve Özsoy, G. 2007. Kentleşme ve arazi etkileşimleri: Bursa İli örneği. TMMOB Bursa Kentine Çözümler Sempozyumu, 05-07 Nisan 2007, Bursa. p.23-32.
- Anonim 1995. Bursa İli Arazi Varlığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 16, Ankara, 130s + 1:100.000 ölçek Bursa İli Arazi Varlığı ve Arazilerin Tarımsal Kullanıma Uygunluğu Haritası.
- Anonim 2020a. Bursa ekonomik ve sosyal göstergeler. T.C. Bursa Valiliği. 34s. <http://www.bursa.gov.tr/kurumlar/bursa.gov.tr/Bursa.gov/dosyalar/2020yiliEkonomikve-SosyalGostergesi.pdf> (Erişim tarihi: 05.06.2020)
- Anonim 2020b. Ülkemizin Milli Parkları (44 Adet) Listesi. T.C. Tarım ve Orman Müdürlüğü, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/Korunan%20Alanlar%20Listesi/1-M%C4%B0LL%C4%B0%20PARKLAR.pdf> (Erişim tarihi: 20.04.2020)
- Anonim 2020c. Uludağ Milli Parkı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. <http://uludag.tabiat.gov.tr/> (Erişim tarihi: 18.06.2020)
- Anonim 2020d. Landsat Missions. Using the USGS Landsat Level-1 Data Product. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product> (Erişim tarihi: 30.06.2020)
- Aşık, B.B. ve Özsoy, G. 2016. Nilüfer Çayı ile sulanan topraklarda ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve ağır metallerin bitkiye taşınım durumunun araştırılması. TUBİTAK TOVAG 114O713 no'lu proje, Ankara, 75s.
- Dirim, M.S., Aksoy, E. and Özsoy, G. 2009. Remote Sensing and GIS Applications For Monitoring Multi-Temporal Changes of Natural Resources in Bursa-Turkey. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 3(8): 53-59.
- DMİ, 2006. Uludağ Meteoroloji İstasyonu çok yıllık ve aylık yağış ve sıcaklık verileri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, İstasyon no:17676.
- Dorak, S., Aşık, B.B. ve Özsoy, G. 2019. Tarımda Su Kalitesi ve Su Kirliliğinin Önemi: Bursa Nilüfer Çayı Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 155-166.
- Honnay, O., Piessens, K., Van Landuyt, W., Hermy, M. and Gulinck, H. 2003. Satellite based land use and landscape complexity indices as predictors for regional plant species diversity. *Landscape and Urban Planning*, 63(4): 241-250.
- Ihlen, V. and Zanter, K. 2019. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, version 5. Department of the Interior U.S. Geological Survey. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota. 106p.



- Ketin, İ. 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış. İTÜ Kütp. No: 1259(20-22): 337-341.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley & Sons, Incorporated, Chigago, USA. 457p.
- MGM, 2020. İklim sınıflandırması: Bursa, Uludağ. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=ULUDAG> (Erişim tarihi: 01.06.2020)
- Ozsoy, G., Aksoy, E., Dirim, M.S. and Tumsavas, Z. 2012. Determination of Soil Erosion Risk in the Mustafakemalpaşa River Basin, Turkey, Using the Revised Universal Soil Loss Equation, Geographic Information System, and Remote Sensing. *Environmental Management*, 50(4): 679-694.
- Ozsoy, G. and Aksoy, E. 2015a. Prediction of soil loss differences and sediment accumulation at the Nilufer creek watershed, Turkey, using multiyear satellite data in a GIS. *Geocarto International*, 30(8): 843-857.
- Ozsoy, G. and Aksoy, E. 2015b. Estimation of soil erosion risk within an important agricultural sub-watershed in Bursa, Turkey, in relation to rapid urbanization. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187:419.
- Podmanicky, L., Balázs, K., Belényesi, M., Centeri, Cs., Kristóf, D. and Kohlheb, N. 2011. Modelling soil quality changes in Europe. An impact assessment of land use change on soil quality in Europe. *Ecological Indicators*, 11(1): 4-15.
- Tian, H., Banger, K., Bo, T. and Dadhwal, V.K. 2014. History of land use in India during 1880–2010: Large-scale land transformations reconstructed from satellite data and historical archives. *Global and Planetary Change*, 121: 78-88.



## Mısır Tarımı Yapılan Toprakların Verimlilik Durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/ Bursa Örneği)<sup>A</sup>

Doğan ORDU<sup>1</sup>, Barış Bülent AŞIK<sup>2\*</sup>

**Öz:** Günümüzde toprak verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilirliğinin devamının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Bursa ili Karacabey ilçesinde yoğun mısır tarımı yapılan toprakların (Yolağzı Bölgesi) verimlilik durumunun belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla mısır tarımı yapılan 40 tarla toprağından 0-30 cm derinlikten örnekler alınmıştır. Örneklerde verimlilik analizleri yapılmış ve sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; toprak örneklerinin “kumlu tın”, ve “kumlu killi tın” bünyeye sahip olduğu belirlenmiştir. Toprakların tamamı tuzsuz ve pH değerleri 6.77 ile 8.70 arasında değişim göstermiştir. Topraklar kireçli ve orta kireçli, organik madde içerikleri; çok az, az ve orta sınıfta değerlendirilmiştir. Topraklar azot içeriği bakımından yeterli ve fazla sınıflarında yer almıştır. Alınabilir fosfor içeriği bakımından; toprakların yarısında fosfor az düzeyde bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının mikroelement içerikleri ise; fazla ve çok fazla, sınıfta olarak belirlenmiştir. Bu durum bölge üreticilerinin temel gübreleme yanında mikroelement gübrelemesine de önem verdiklerini göstermektedir. Bölgede mısır tarımının geleceği açısından özellikle toprak organik maddesinin artırılmasına önem verilmesi gerektiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır, bitki besin elementleri, toprak analizi, sınır değer.

<sup>A</sup> Yüksek lisans tez verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

<sup>1</sup> Doğan ORDU, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, [zmh\\_doganordu](mailto:zmh_doganordu), [OrcID 0000-0001-9342-7558](https://orcid.org/0000-0001-9342-7558)

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>2</sup> Barış Bülent AŞIK, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye, [bbasik@uludag.edu.tr](mailto:bbasik@uludag.edu.tr), [OrcID 0000-0001-8395-6283](https://orcid.org/0000-0001-8395-6283)

## Determination of Fertility Status of Corn Cultivated Soil of Yolağzi Region in Karacabey/Bursa Province

**Abstract:** Nowadays, it is of great importance to increase soil fertility and to maintain its sustainability. In this scope, it is necessary to determine the physical, chemical and biological properties of soils and to improve these properties. This research was carried out to determine the fertility status of the corn cultivated land (Yolağzi Region) Karacabey-Bursa district. For this purpose, samples were taken from 0-30 cm depth from 40 field soil in which corn is cultivated. Soil fertility analyzes were done and the result was compared with the limit values.

According to the results, soil samples were found to have “sandy loam” and “sandy clay loam” textures. All of the soils were salt-free and the pH values varied between 6.77 and 8.70. Soils were calcareous to medium calcareous classes and organic matter contents were evaluated at very low, low and middle. Soils were insufficient and excess classes in terms of nitrogen content. Available phosphorus was found in low levels in half of the soils. The microelement content of the soils of the study area was determined as high and too high class. Results showed that the regional farmers attach importance to microelement fertilization as well as basic fertilization. In terms of the future of corn agriculture in the region, it was considered extremely important to increase soil organic matter.

**Keywords:** Corn plant, plant nutrients, soil analysis, soil sufficiency value.

### Giriş

Sürdürülebilir toprak verimliliğinde besin elementi yönetimi stratejisi büyük önem taşımaktadır. Geçmişten günümüze toprak verimliliğinin değerlendirilmesi için çeşitli teknikler geliştirilmiş ve bu yönde birçok çalışma yapılmaktadır. Bu teknikler arasında dünyada en yaygın olarak kullanılan yöntem toprak verimliliğinin toprak analizleri yapılarak belirlenmesidir. Toprak analizleri ile toprağın mevcut verimlilik durumu değerlendirilmekte; aynı zamanda alınacak ürün verimini en üst düzeye çıkarmak ve toprakların uzun süre verimliliğini koruyabilmek için gübreleme önerilerinin temelini oluşturan bitki besin elementleri hakkında da bilgi sahibi olunmaktadır. Bilindiği gibi tekstür, strüktür, renk ve benzeri özellikler toprakların önemli fiziksel parametreleridir. Benzer şekilde, toprak reaksiyonu (pH), toprak tuzluluğu (EC), organik madde (OM), katyon değişim kapasitesi (KDK), kireç, makro ve mikro besin elementleri ise toprakların önemli kimyasal özellikleri olarak değerlendirilmektedir. Toprağın bu fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi toprakların mineral besin elementleri sağlama kapasitesini göstermektedir (Ganorkar ve Chinchmalatpure, 2013). Toprakların sahip oldukları bu özellikler ve bunların gün geçtikçe değişmesi toprak verimliliğe ve bitki gelişimi üzerine önemli düzeyde etki etmektedir. En yüksek verimi ve kaliteyi sağlayabilmek için bitkilerin ihtiyacı olan besin elementlerinin topraklarda alınabilir formlarda ve yeterli miktarlarda bulunmaları gerekmektedir. Topraklarda bulunan bitki besin elementlerinin noksanlığında olduğu gibi fazlalığında da bitkiler tarafından bu elementlerin

alınımını sınırlandırmakta ve bitkiler üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Turan ve ark., 2010). Topraklarda yanlış gübreleme uygulamaları sonucu besin elementi dengesi bozulmakta ve hatta uygulama yapılan bölgelerde çevresel sorunlara da neden olabilmektedir.

Bursa ilinde tarımın yoğun olarak yapıldığı ilçelerden birisi de Karacabey ilçesi topraklarıdır. Hem erken hasat edilmesi hem de fazla miktarda üretilmesinden dolayı yörede çiftçiler tarafından mısır tarımı önemli bir yer tutmaktadır. Mısır insan gıdası olarak kullanımının yanı sıra hayvan yemi ve endüstride de ham madde olarak çok yönlü kullanılan bir bitki türüdür.

Mısır üretiminin son yıllarda artış göstermesinin nedeni, mısır bitkisinin gerek hayvansal beslenmede gerekse de birçok önemli sanayi için hammadde olarak kullanılması ve buna bağlı olarak mısır pazarının bu bölgede önemli bir sektör haline gelmesidir. Karacabey ilçesinde tanelik ve silajlık mısır alımı yapan büyük firmalar (Sütaş, Matlı, Banvit, Has tavuk, Trakya Birlik, Yağlı Tohumlar, Tarım Kredi Kooperatifleri, Pancar Kooperatifleri vs.) olduğu kadar küçük işletmeler, hayvancılık yapan çiftçiler gibi daha birçok pazarlama alanı bulunmaktadır. Ayrıca mısır bitkisini depolamanın kolay olması istenilen zamanda satılması da büyük bir etkidir. Mısırın birinci ürün olarak ekilmesi yanı sıra ikinci ürün olarak da özellikle son yıllarda ekim alanları daha çok artmıştır (Anonim 2016). Bursa ili ve Karacabey ilçesi tarımsal üretim alanı 662800 da ve bu alanın yaklaşık 1/3 ünde mısır üretimi yapılmaktadır (Anonim 2019). Mısır üretim verileri değerlendirildiğinde; 213582 da alanda silajlık mısır üretimi yapılmakta 1179491 ton verim alınmakta ve ortalama verim 5522 kg da<sup>-1</sup> ve 134504 da alanda tanelik mısır üretimi yapılırken 138093 ton verim alınmakta ve ortalama verim 1027 ton da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Bu derece fazla alanda yapılan mısır üretiminde gübreleme konusunda yeterli bilgi ve uygulama çalışması yönünden eksiklikler bulunmaktadır. Genel olarak, bölgede standart taban gübreleri ve damla sulama ile verilen azotlu gübreler dışında bir gübreleme neredeyse hiç yapılmamaktadır. Bölgede toprak analizlerine bağlı gübrelemelere neredeyse hiç rastlanmamaktadır. İlçenin diğer bölgelerine göre örneklenen bölgenin ürün verimlerinin ciddi düşüşleri, genel bölge ortalamalarının sürekli altında kalması, toprak çeşitliliği fazla olmasına rağmen her türlü toprağa aynı gübrelemenin uygulanması yıllardır ısrarla uygulanmaktadır.

Bu durum bölge topraklarının giderek çoraklaşma potansiyelini artırmış olmasına rağmen bu bölgede yaşayan üreticilerin halen konuya kayıtsız kalması, bilimsel olarak bu konuya yaklaşmanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu çalışmayla, Karacabey ilçesi Yolağzı Bölgesi'nde en fazla tarımı yapılan mısır yetiştirilen toprakların temel özelliklerini ve bitki besin elementleri durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Alanı

Çalışma Bursa İli Karacabey ilçesinde yoğun olarak mısır tarımı yapılan Yolağzı Bölgesi'nde yürütülmüştür. Çalışma kapsamında mısır üretimi yapılan bölgeyi temsilen seçilen 40 parselden ve 0-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır (Kacar, 2016). Bu bölgenin çalışma alanı seçiminde etkili olan faktörler; bölgede sözleşmeli

mısır üretiminin yapıyor olması, parsellerin göreceli olarak daha büyük olması (10 hektar ve daha fazla) ve yoğun üretim sayılabilir.

### Toprak Analizleri

Toprak örneklerinin kil, silt ve kum miktarları hidrometre yöntemine göre, bünyeleri (tekstür) sınıfları ise “Soil Survey Manual’e” göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Toprak örneklerinin pH değerleri saf su ile 1:1 oranında sulandırılarak WTW model cam elektrotlu pH metre ile, EC değerleri ise WTW LF 92 model EC-metre ile belirlenmiştir (Mclean, 1982; Rhoades, 1982). Toprakların kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Nelson, 1982) Alınan toprak örneklerinin organik madde içerikleri modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemi ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Toplam N içeriği Kjeldahl yöntemi ile Gerhardt Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örneklerin Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında damıtılmasıyla belirlenmiştir (Bremmer, 1965). Topraklarda amonyum ( $\text{NH}_4$ ) ve nitrat ( $\text{NO}_3$ ) içerikleri: KCI (2 M) çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde olunan çözeltide amonyum, indofenol mavisi yöntemi ile; nitrat ise salisilik asitin sülfürik asit varlığında nitrasyonu esasına dayanılarak ile kolorimetrik olarak PG T60 model spektrofotometre ile belirlenmiştir (Robarge ve ark. 1983; Solorzano 1969). Bitkiye yararlı P içeriği 0.5 M sodyum bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ , pH=8.5) çözeltisi ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen süzükte askorbik asit yöntemi ile PG T60 model spektrofotometre ile belirlenmiştir (Watanabe ve Olsen 1965). Toprakların değişebilir K içerikleri 1 N amonyum asetat (pH=7.0) çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde edilen süzükte Eppendorf Elex 6361 fleymfotometresi ile belirlenmiştir (Thomas 1982). Toprakların ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Cu ve Zn miktarları 1:2 oranındaki Toprak:DTPA çözeltisi (0.005 M DTPA + 0.01 M  $\text{CaCl}_2$ , + 0.10 M TEA) ile ekstrakte edilmesi ile elde edilen süzükte Perkin Elmer OPTIMA 2100DV model ICP ile belirlenmiştir (Jones, 2001). Toprak analizleri sonucu elde olunan değerler Çizelge 1’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 1.** Toprak analiz sonuçları ve sınır değerler

Özellik	Yeterlilik sınıfı						Kaynak
	Kuvvetli asit	Orta asit	Hafif asit	Nötr	Hafif alkali	Kuvvetli alkali	
pH	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5	Ülgen ve Yurtsever, 1995
Tuzluluk, $\mu\text{S cm}^{-1}$	Tuzsuz 0-2000	Hafif tuzlu 2000-4000	Orta tuzlu 4000-8000	Orta tuzlu 4000-8000	Çok tuzlu 8000-16000	Çok tuzlu 8000-16000	USDA, 2002
Kireç, %	Az kireçli <1.0	Kireçli 1.0-5.0	Orta kireçli 5.0-15.0	Fazla kireçli 15.0-25.0	Çok fazla kireçli >25	Çok fazla kireçli >25	Ülgen ve Yurtsever, 1995
Organik madde, %	Çok az 1.0	Az 1.0-2.0	Orta 2.0-3.0	İyi 3.0-4.0	Yüksek 4.0	Yüksek 4.0	Ülgen ve Yurtsever, 1995
Toplam N, %	Çok az <0.045	Az 0.045-0.09	Yeterli 0.09-0.17	Fazla 0.17-0.32	Çok fazla >0.32	Çok fazla >0.32	Anonim, 1990
Alınabilir P, $\text{mg kg}^{-1}$	Çok az <2.5	Az 2.5-8.0	Yeterli 8.0-25.0	Fazla 25.0-80.0	Çok fazla >80.0	Çok fazla >80.0	Anonim, 1990
Alınabilir K, $\text{mg kg}^{-1}$	Çok az <50.0	Az 50-110	Yeterli 110-290	Fazla 290-1000	Çok fazla >1000	Çok fazla >1000	Anonim, 1990
Mikroelementler	Çok az	Az	Orta	Fazla	Çok fazla	Çok fazla	
DTPA-Fe, $\text{mg kg}^{-1}$	< 2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-10.0	>10.0	>10.0	
DTPA-Zn, $\text{mg kg}^{-1}$	< 0.5	0.5-1.0	1.0-3.0	3.0-5.0	>5.0	>5.0	Mostara ve Poy, 2008
DTPA-Cu, $\text{mg kg}^{-1}$	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.8	0.8-3.0	>3.0	>3.0	
DTPA-Mn, $\text{mg kg}^{-1}$	<0.5	0.5-1.2	1.2-3.5	3.5-6.0	>6.0	>6.0	

## Bulgular ve Tartışma

### Toprakların bünye, pH, EC, kireç ve organik madde içerikleri

Bursa ili Karacabey ilçesi Yolağzı Bölgesi'nde mısır tarımı yapılan toprak örneklerinin bünyelerine göre sınıflandırılması Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'nin incelenmesinden de görüleceği gibi, toprakların % 42.5 (17 adet)'i kumlu tın (SL), %52.5 (21 adet)'i kumlu kili tın (SCL) ve %5 (2 adet)'i tınlı topraklardan oluştuğu tespit edilmiştir. Genel olarak çalışma alanı toprakları, "orta bünyeli" topraklar olarak değerlendirilmiştir.

**Çizelge 2.** Toprak örneklerinin bünyelerine göre dağılımı

SL		SCL		SL		SCL		CL		L	
Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
17	42.5	21	52.5	-	-	-	-	-	-	2	5.0

Bölge toprakları ile ilgili olarak 2014-2015 yılı Bandırma Ticaret Borsası toprak analiz laboratuvarı faaliyet raporuna göre; Karacabey ilçesinin 10 farklı bölgesinde toprakların bünyelerinin % 54.6-80.4 oranında “killi tın” ve “kil” bünyeli olarak değiştiği bildirilmiştir (Anonim, 2016). Bursa ili toprakları ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, il toprakları bünyelerinin geniş dağılım gösterdiği görülmektedir. Başar (2001) toprakların % 63’ünün “killi-tın”, %20’sinin “tın” ve % 17’sinin “kil” bünyeye sahip olduğunu, Turan ve ark. (2010) ise; ilde bulunan bu toprakların %76.67’sinin “orta bünyeli” topraklar olduğunu ve bunların %46.66’sının “killi-tın”, %16.67’sinin “kumlu-tın” ve %6.67’sininde “kumlu-killi-tın” ve “tın” bünyeye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çelik ve Urhan (2020), Keles ilçesinde yaptıkları çalışmada toprak bünyelerini “kumlu-killi-tın”, “killi-tın” ve “kil” olarak nitelemişlerdir. Yavuz ve ark. (2020) ise Gürsu ilçesinde yaptıkları çalışmada armut bahçeleri topraklarının genellikle “kumlu-tın”, “siltli-tın”, “killi-tın”, “kumlu-killi-tın” ve “kil” bünyeli topraklar olduğunu bildirmişlerdir. Toprak bünyesinin bilinmesi, toprakların katyon değişim kapasiteleri (KDK), su geçirgenlikleri (permeabilite), yarayışlı su kapasiteleri ve infiltrasyon hızları ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle önem taşımaktadır.

Çalışma alanı parsellerinden alınan toprak örneklerinin pH değerlerine göre yüzde dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 3’te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Alınan toprak örneklerinin pH değerleri ve sınıfları

Kuvvetli asit		Orta asit		Hafif asit		Nötr		Hafif alkali		Kuvvetli alkali		Aşırı alkali	
Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
-	-	-	-	1	2.5	-	-	35	87.5	4	10.0	-	-

Çizelge 3 incelendiğinde; toprakların pH değerlerinin %2.5’inin hafif asidik (6.77), % 10’unun kuvvetli alkalın (8.05-8.70) olduğu, geriye kalan % 87.5’inin hafif alkalın (7.34-7.97) topraklar sınıfına girdiği görülmektedir. Toprak pH’larının 6.77- 8.70 arasında olduğu göz önüne alındığında, mısır bitkisi yetiştiriciliği için birkaç toprak dışında uygun olduğu görülmektedir. Mısır bitkisi hafif asidik ve nötr reaksiyonlu topraklarda (pH:6.5-7.5) en iyi gelişimi göstermektedir (Zengin ve Özbahçe, 2013).

Toprakta bitki besin elementlerinin alınımını sınırlandıran faktörlerden birisi de toprak pH’sıdır. Yüksek pH değerine sahip topraklarda fosfor ve özellikle de demir ve çinko gibi mikro besin elementlerinin alınımı azalmaktadır. Nötr toprak reaksiyonuna sahip topraklarda yaklaşık tüm besin elementlerinin yarayışlılığı yeterli düzeydedir. Ancak pH değerinin 8.5’ten büyük olması toprakta fazla miktarda değişebilir sodyum iyonunun varlığını göstermektedir. Bu durumda toprak kolloidleri disperse olmakta ve bu şekilde toprak fiziksel özelliklerinin bozulması sonucu bitki gelişimini olumsuz etkilenmektedir. Aynı zamanda Förstner (1995), toprak pH değerinin bitkilerdeki translokasyonlarını belirleyen mikro elementlerin çözünürlüğünü, hareketliliğini ve alınabilirliğini etkilediğini bildirmiştir.



Alkalin reaksiyon gösteren topraklara kontrollü olarak sonbahar aylarında ahır gübresi ile birlikte toz kükürt uygulaması ile veya fizyolojik olarak asit karakter gösteren gübrelerin uygulanması ile pH değerlerinin düzenlenmesinin mümkün olabileceği bildirilmiştir (Zengin ve Özbahçe, 2011; Bayram ve Elmacı, 2014).

Toprakların tuzluluk sınıfına göre dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 4’te verilmiştir. Toprak EC değerleri 448-2080  $\mu\text{S cm}^{-1}$  değerleri arasında değişim göstermiştir. Toprakların tamamının tuzsuz sınıfına girdiği bunlardan sadece birinin 2000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ’nin üzerinde olduğu ve tuza çok duyarlı bitkilerin verimini sınırlayabileceği belirlenmiştir.

**Çizelge 4.** Toprakların elektriksel iletkenlik değerlerine göre dağılımları

Tuzsuz		Hafif Tuzlu		Orta Tuzlu		Çok Tuzlu	
Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
40	100	-	-	-	-	-	-

Mısır bitkisi tuzluluğa ( $> 1.7 \text{ mmhos cm}^{-1}$ ) ve yüksek taban suyuna hassas olduğundan dolayı bu alanlarda mısır tarımı yapılmasından kaçınılması gerektiği bildirilmiştir (Ekmekçi ve ark., 2005). Bu durumda incelenen toprakların sadece bir adedinin mısır bitkisi yetiştiriciliği için uygun olmadığı belirlenmiştir.

Tuzluluk ile ilgili elde edilen sonuçlar diğer çalışmalar ile birlikte değerlendirildiğinde; Bursa ili topraklarının tuzluluk sorunu olmadığı, hemen hemen her bitkinin yetiştirilmesi için herhangi bir tuzluluk sınırlamasının olmadığı görülmektedir (Anonim 1983; Anonim1995; Başar ve ark., 1997; Başar, 2001; Turan ve ark., 2010; Çelik ve Urhan, 2020; Yavuz ve ark., 2020).

Çalışma bölgesi parsellerinden alınan toprak örneklerinin kireç içeriklerinin yüzde olarak dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 5’de verilmiştir. Toprakların kireç içerikleri %2.0 ile %15.99 değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre toprakların % 97.5’i “kireçli” ve “orta kireçli” toprak olarak sınıflandırılmıştır.

**Çizelge 5.** Toprakların kireç içeriklerine göre dağılımları

Az kireçli		Kireçli		Orta kireçli		Fazla kireçli		Çok fazla kireçli	
Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
-	-	23	57.5	16	40	1	2.5	-	-

Bursa topraklarının verimlilik durumlarının araştırılması üzerine yapılan çalışmalar incelendiğine, toprakların orta kireçli sınıfta yer alması bitki besin elementlerinin yarıyışlılığı bakımından üzerinde durulması gereken bir sorun olduğu belirtilmiştir. Özellikle fosforun ve mikro elementlerin yarıyışlılıklarının azalması dikkat edilmesi gereken noktalar olarak göze çarpmaktadır (Çelik ve Katkat, 2005; Yavuz ve ark., 2020). Verimlilikte ilgili sorunların başında kireç gelmesine rağmen, aynı zamanda topraklarda kirecin belirli miktarda bulunması

toprağın fiziksel ve kimyasal özellerine olumlu yönde etki etmektedir. Yapılan birçok çalışmada belirli miktarda bünyelerinde kireç bulunduran topraklarda bitkilerin iyi bir gelişme gösterdikleri bilinmektedir (Anonim, 2008).

Çalışma kapsamında belirlenen parsellerden alınan topraklar organik madde içeriklerine göre yüzde olarak dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 6’da verilmiştir. Çizelge 6 incelendiğinde toprakların %10’unun “çok az” düzeyde (% 0.760-% 0.903), %72.5’inin “az” düzeyde (%1.041-%1.874), %15’inin de “orta” düzeyde (%2.013-%2.702) ve bir adedinin ise “iyi” düzeyde organik madde içerdiği belirlenmiştir. Bir başka ifade ile, Bursa ili Karacabey ilçesi Yolağzı Bölgesi topraklarının çoğunlukla organik madde içeriklerinin sınır düzeyinin altında olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.** Toprakların organik madde içeriklerine göre dağılımları

Çok az		Az		Orta		İyi		Yüksek	
Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
4	10	29	72.5	6	15	1	2.5	-	-

Türkiye topraklarının organik madde içeriklerini düşük olduğu ve %65’inin “az” ve “çok az” sınıfa girdiğini bildirilmiştir (Eyüpoğlu, 1999). Yapılan birçok çalışmanın sonucuna göre; Bursa ili topraklarının organik madde içerikleri düşük olduğu ve toprakların organik madde içeriğinin artırılması amacıyla önlemlerin alınmasının gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. Topraklarımızın önemli bir kısmının organik madde içeriğinin düşük olması toprak yapısında hızla bozulmalara neden olmaktadır. Bu durum özellikle ülkemizde toprakların organik madde içeriğinin artırılması ve toprak özelliklerinin geliştirilmesini önemli araştırma konularının başında gelmektedir. Su tutma ve havalanma kapasitesinin yetersizliği toprak agregasyonu ve agregat stabilitesinin düşüklüğü, biyolojik aktivitenin azlığı, bitki besin elementlerinin miktar ve yarıyışlılıklarının azalması toprak özelliklerinin önemli bozukluk göstergeleri arasında yer almaktadır. Ülkemizin birçok yerinde toprağa verilen organik madde kaynağını ahır gübresi oluşturmaktadır (Sönmez ve ark., 2018). Yöredeki çiftçilerin, topraklardaki organik madde yetersizliği nedeniyle oluşan azot noksanlığını gidermek için aşırı kimyasal azotlu gübreler kullanması yerine nadiren kullanmış olduğu ahır gübrelere, hatta yeşil gübrelemeye, vermikompost, çöp kompostu ve atıksu arıtma çamuru gibi organik kaynaklı uygulamalara önem vererek topraklardaki organik madde kapsamının artırılmasının sağlanması gerekmektedir (Aşık ve Katkat, 2018). Tarımda başarılı olmanın en önemli koşullarından bir tanesi toprakların organik madde içeriklerinin artırılmasıdır. Bunu sağlamak için ortaya çıkan organik kökenli iyi özellikler taşıyan tüm atıkların dönüşümü sağlanmalı, organik gübre olarak tarımsal amaçlı kullanılması gerekmektedir (Çaycı ve ark., 2011).

### **Toprakların N, P ve K içerikleri**

Çalışma bölgesinde belirlenen parsellerden alınan toprakların toplam N, alınabilir P ve değişebilir K içerikleri yüzde dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 7’de verilmiştir. Toprakların toplam N içeriklerinin % 0.14 ile % 0.38 değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 7.** Toprakların toplam N, alınabilir P ve değişebilir K içeriklerine göre dağılımları

Besin elementi	Yeterlilik sınıfları									
	Çok az		Az		Yeterli		Fazla		Çok fazla	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Azot	-	-	-	-	9	22.5	30	75.0	1	2.5
Fosfor	-	-	18	45.0	21	52.5	1	2.5	-	-
Potasyum	-	-	3	7.5	20	50.0	17	42.7	-	-

Çizelge 7 incelendiğinde, toprakların %22.5'nin azotça yeterli ve %77.5'nin ise "fazla" ve "çok fazla" azot içerdikleri görülmektedir. Bu durum azot elementinin mısır yetiştiriciliği için önemli parametrelerden biri olduğunun ve önem verildiğinin göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu da Karacabey ilçesinde örnek alınan alanlarda azotlu gübre uygulamasının yeterli şekilde yapıldığını ortaya koymaktadır. Ancak bitkiler uygulanan azotun toprakta birikim yapabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Zaman zaman fazlalıklara neden olduğu için azotlu gübre uygulaması yapılırken dikkatli olunmalı ve ekilecek bitkilerin ihtiyacından çok azotun toprağa verilmemesi için toprak analizlerine de önem verilmelidir.

Mısır beslenmesinde özellikle azotlu gübreleme önemli bir yer tutmaktadır. Kacar ve Katkat (2007), azot noksanlığı olan mısır bitkisinin gelişimde gerileme, gövdede bodurlaşma, yaprakların normalden daha küçük boyda kalması ve daha açık yeşil renge sahip olması gibi belirtiler ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Tümsavaş (2002), Bursa ili Vertisol büyük toprak grubunun verimlilik durumunu belirlemek için yapmış olduğu çalışmada, toprakların toplam azot yönünden yeterli olduğunu bildirmiştir. Ancak genel olarak bitkinin ihtiyaç duyduğundan daha fazla azotun toprağa ilave edilmesi yıkanmaya neden olmaktadır (Russelle ve ark., 1981, Ahmadi ve ark., 1993, Gözübenli, 1997; Ülger ve ark., 1997; Lambert ve ark., 1998). Gübre kaynaklı kirliliklerin en önemlilerinden birinin sulardaki nitrat kirliliği olduğu bilinmektedir. Verimde artışı sağlamak amacıyla bilinçsiz bir şekilde uygulanan azotlu gübreler sonucunda azot taban suyuna karışmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir (Andraski ve ark., 2000; Byre ve ark., 2001; Mahvi ve ark., 2005; Karnez, 2010). Bu nedenle azotlu gübreler toprağa uygulanmadan önce mutlaka toprak analizlerinin yapılması gereklidir.

Çalışma kapsamındaki toprak örneklerinde amonyum ve nitrat azotu miktarları da belirlenmiştir. Toprakların amonyum içeriklerinin 20.92-243.9 mg kg<sup>-1</sup> ve nitrat içeriklerinin ise 0.79-17.57 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu görülmüştür. Kacar ve Katkat (2007)'a göre, herhangi bir toprakta mineralizasyon oranının bilinmesi için, toprakta bulunan NH<sub>4</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N'nin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle NO<sub>3</sub>-N'nun belirlenmesi ile oluşan mineralizasyon hakkında yeterli bilgi sahibi olunabilir. Aynı zamanda amonyum fiksasyonunun fazla olduğu topraklara fazla miktarda amonyumlu gübrelerin kullanılması amonyum fiksasyonunu artırarak bitkilerin amonyumdan yararlanamamasına neden olmaktadır. Yapılan analizlerde özellikle amonyum azotu değişiminin yüksek çıkması, topraklardaki mineralizasyondan ve gübreleme programında üreticilerin azotlu gübrelere fazla yer vermesinden kaynaklanmış olabilir. Gübre materyalleri ile toprağa kazandırılan azotun miktarı ve mineralizasyon hızı toprağın tekstür, strüktür, gözeneklilik, havalanma, pH, tuz ve besin elementleri içeriği gibi toprak özelliklerine, iklim özelliklerine ve uygulanan gübre özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir

(Kacar ve Katkat, 2007). Gübreleme amacıyla toprak analizlerinde özellikle  $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  formundaki azotunda göz önünde bulundurulmasında yarar bulunmaktadır.

Toprakların alınabilir P içeriklerinin  $2.51 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $38.44 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 7). Çizelge incelendiğinde toprakların %45'inin "az", %55'inin ise "yeterli" ve "fazla" düzeyde alınabilir fosfor içerdiği görülmektedir. Başar (2001) tarafından yapılan çalışmada, Bursa ili topraklarının %26.03'ünün; yüksek, %52.16'sının; orta ve %21.81'inin ise çok düşük düzeyde fosfor içerdiği, Turan ve ark. (2010)'nın yapmış oldukları çalışmada, yine Bursa ili topraklarının %6.67'sinin "az", %43.33'ünün "yeterli", %46.67'sinin "fazla" ve %3.33'ünün ise "çok fazla" miktarda P içerdikleri belirtilmektedir. Ayrıca Taşova ve Akın (2013)'in Marmara Bölgesi'nde yapmış oldukları çalışmada, bölge topraklarının %11.2'si "çok az", %19.5'i "az", %16'sı "orta" ve %53.3'ü "fazla" ve "çok fazla" düzeyinde P içerdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlara baktığımızda, Bursa ili ve ilçelerinde fosforlu gübre kullanımı ile ilgili olarak üreticiler tarafından toprak analizlerine dayalı olmadan gübre kullanılması ile açıklanabilir (Aksoy ve ark. 2012; Aşık ve ark., 2013). Elde olunan bu P sonuçları bölge topraklarının kireç içeriğinin yüksek olması ve farklı düzeylerde değişim göstermesi ile de ilgili olabilir. Lourence (1984), fosforun  $8 \text{ kg da}^{-1}$  uygulanması ile mısırdan en iyi verime ulaşıldığını bildirmiştir. Ancak fosfor gübresi uygulamalarının gübrenin etkinliğine, mısır bitkisi çeşidine ve topraktaki mevcut P durumuna bağlı olarak değişim gösterdiği de ifade edilmektedir (İdikut ve Yıldız 2018).

Çalışma kapsamında alınan toprakların alınabilir potasyum içeriklerine göre dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 7'de verilmiştir. Toprakların alınabilir K içeriği  $66 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $616 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında değişim göstermiştir. Değerlendirilen toprakların %7.5'inde "az" düzeyde iken % 92.5'inde "yeterli" ve "fazla" düzeyde alınabilir potasyum bulunduğu görülmektedir. İnce bünyeli kilce zengin olan topraklar genelde potasyumca zengin topraklardır. Sıcak ve kuru iklim koşulları sonucu oluşan yüksek kil içeren topraklar sayesinde ülkemiz toprakları potasyum bakımından genelde zengindir (Sönmez ve ark., 2018). Marmara Bölgesi topraklarının yarıyışlı potasyum kapsamı ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde; Taşova ve Akın (2013)'in yapmış oldukları çalışmada, toprakların %2.4'ü "az", %5.9'u "orta", %10.6'sı "yeterli" ve %81.1'i "fazla" düzeyde alınabilir potasyum içerdiğini bildirmişlerdir. Bu bulgular çalışmamızı destekler biçimdedir. Turan ve ark. (2010), yapmış oldukları çalışmada, Bursa ili topraklarının %6.67'si "az", %70'i "yeterli" ve %23.33'ü "fazla" miktarda K içerdiğini belirlemişlerdir. Genel olarak topraklarda K miktarı yeterli düzeyde bulunmakta ancak son yıllarda yapılan analizlerde K noksanlığı gösteren topraklara rastlanmaktadır. Bu durum bize özellikle potasyum bakımından noksan ve düşük değerlere sahip olan toprakların potasyumlu gübrelerce desteklenmesi ile ekonomik verimin sağlanabilmesi açısından büyük önem taşıdığını göstermektedir.

#### **Alınabilir mikro element (Fe, Mn, Zn ve Cu) içerikleri**

Çalışma kapsamında alınan toprakların alınabilir mikroelement (Fe, Cu, Zn ve Mn) içeriklerine göre yüzde olarak dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 8'de verilmiştir. Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe içerikleri  $4.68 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $59.9 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında değişim göstermiştir. Çizelge 8 incelendiğinde,

toprakların %2.5'inde "orta", %10'inde "fazla" ve %87.5'inde ise "çok fazla" miktarda alınabilir demir bulunduğu görülmektedir.

**Çizelge 8.** Toprakların alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerine göre dağılımları

Besin elementi	Yeterlilik sınıfları									
	Çok Az		Az		Orta		Fazla		Çok Fazla	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Demir	-	-	-	-	1	2.5	4	10.0	25	87.5
Mangan	-	-	-	-	1	2.5	4	10.0	25	87.5
Çinko	-	-	-	-	1	2.5	4	10.0	25	87.5
Bakır	-	-	-	-	-	-	7	17.5	33	82.5

Taşova ve Akın (2013), yapmış oldukları çalışmada, Marmara Bölgesi topraklarının yarayırlı demir kapsamalarını %13.3'ünün "az" ve "orta", %86.7'sinin ise "yeterli" düzeyde demir içerdiklerini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda Turan ve ark. (2010)'nın yapmış olduğu çalışmada, Bursa ili alüviyal tarım topraklarında Fe noksanlığından dolayı ortaya çıkan herhangi bir problemin olmadığını ve toprakların alınabilir demir içerikleri ile toprak reaksiyonu, topraklarda bulunan potasyum miktarı ile azot, çinko ile mangan içerikleri arasında ilişki olduğunu tespit ederek aktif demir analizlerinin yapılmasının gerekli olabileceğini öne sürmüşlerdir. Farklı topraklarda yapılan çalışmalarda demirin alınabilirliği ile ilgili benzer ilişkiler olduğu ifade edilmiştir (Çimrin ve Boysan, 2006; Parlak ve ark., 2008). Çelik ve Katkat (2005) ise demir klorozunun; toprakların sıcaklık, su içeriği, kireç, pH gibi fiziksel özelliklerindeki olumsuzluklar ile bitki bünyesindeki demirin fizyolojik olarak etkinliğinin azalması ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırma kapsamında değerlendirilen parsellerden alınan toprakların alınabilir mangan içeriklerine göre dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 8'de verilmiştir. Toprakların alınabilir Mn içerikleri  $38.20 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $58.68 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Çizelge 8 incelendiğinde, toprakların tamamına yakınının "fazla" ve "çok fazla" düzeyde alınabilir mangan içerdikleri görülmektedir.

Topraklarda bulunan mangan miktarları mısır bitkisi yetiştiriciliği için oldukça yeterli olduğu görülmektedir. Tümsavaş ve Aksoy (2008)'un Bursa yöresi topraklarında yaptıkları çalışmalarında toprakların mangan içeriklerinin  $5.72-56.15 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında olduğunu ve alınan toprak örneklerinin tamamının bitkiye yarayırlı Mn miktarları bakımından Follet ve Lindsay (1970) göre yeterli düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Bursa bölgesinde yapılan diğer çalışmalarda toprakların Mn içerikleri ile ilgili olarak "çok az", "az" ve "yeterli" sınıfına girdiği şeklinde sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışma ile literatürdeki diğer yapılan çalışmalar arasındaki farklılıkların sonuçların karşılaştırılmasında kullanılan sınır değerlerle ilgili olmasından kaynaklanmaktadır. Önceki çalışmalarda Mn sınır değerleri Anonim (1990) tarafından bildirilen sınır değerleri kullanılmışken bu çalışmada elde edilen sonuçlar Mostara ve Poy (2008) tarafından bildirilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Araştırma kapsamında alınan toprakların alınabilir çinko içeriklerine göre dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 8’de verilmiştir. Ele alınan parsel topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn içerikleri  $0.40 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $3.05 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında değişmiştir. Çizelge incelendiğinde, toprakların %2.5’nin “çok az”, %10’nun “az”, %82.5’nin “orta” ve %2.5’nin “fazla” ve % 2.5’nin ise çok fazla düzeyde alınabilir çinko içerdikleri görülmektedir.

Özguven ve Katkat (2002), bitkiye yararlı Zn içeriğinin  $0.5 \text{ mg kg}^{-1}$  den az olan yerlerin potansiyel olarak Zn noksanlığının olabileceği yerler olduğunu ve Bursa ili topraklarının %37.50’sinde çinko eksikliğinin görüldüğünü bildirmişlerdir. Buna rağmen incelediğimiz Karacabey ilçesinin bir bölümünü oluşturan toprakların çinko içeriklerinin “fazla” ve “çok fazla” düzeyde çinko içerdikleri belirlenmiştir. Ülkemiz ve Dünya’da Fe’in yanı sıra en çok görülen bitki besin maddesinin Zn eksikliği olduğu kabul edilmektedir (Sönmez ve ark., 2018).

Bitkilerde çinko noksanlığı topraklarda bulunan çinko miktarının yetersiz olmasından değil, çeşitli nedenlerden dolayı bitki kökleri tarafından alınamamasından kaynaklanmaktadır. Toprakta Zn besin elementinin bitkilere yararlılığını etkileyen etmenlerin başında; toprak pH’sı, toprak organik maddesi, toprağın P içeriği, kil minerallerince adsorpsiyon, sıcaklık ve ışık etmenleri gelmektedir. Çalışma alanı olarak belirlenen bölgede Zn içerikleri bakımından her hangi bir soruna rastlanmaması bölgede sözleşmeli üretim yapılması ve ziraat mühendisleri danışmanlığında yapılan gübrelemelerle Zn içeren mikro element katkılı gübrelere de yer verilmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Araştırma kapsamında alınan toprakların bakır içeriklerine göre dağılımları ve sınıflandırılması Çizelge 8’te verilmiştir. Toprakların alınabilir Cu içerikleri  $2.14 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $38.03 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Çizelge 8 incelendiğinde toprakların tümünün bakır içeriği bakımından “fazla” ve “çok fazla” sınıfına girdiği görülmüştür.

Turan ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, Bursa ili toprakların alınabilir Cu içeriklerini  $1.32-43.56 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Bakır besin elementinin toprakta fazla olması durumunda bitki kök büyümesinin gerilediği, duyarlı bitkilerde kök hücrelerinin plazma membranlarının zarar gördüğü ve bitkilerin köklerinden dışarıya daha fazla K salgılandığı ve Cu fazlalığından daha fazla zarar gördüğü ifade edilmektedir (Baker ve Walker, 1989; De Vos ve ark., 1991). Mengel ve Kirkby (1987) topraktaki alınabilir bakır içeriğinin sıcaklık ve toprak nemi gibi çevresel faktörler, ana materyal, toprak pH’sı, organik madde ve kireç içeriğine göre değiştiğini belirtmişlerdir. Marmara Bölgesi topraklarının büyük bir kısmının mikro besin element içerikleri (%54) az ve çok az sınıfında yer almaktadır (Taşova ve Akın, 2013). Ancak bu çalışmada incelenen toprakların genelinde mikro besin elementlerinin sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum yörede mikro besin elementi içeren gübrelemenin çoğunlukta uygulandığını ortaya çıkarmaktadır.

## Sonuç

Karacabey ilçesi Yolağzı bölgesinde yapmış olduğumuz çalışmada topraklarda organik madde içeriklerinin düşük olmasının yanı sıra bazı alınabilir besin elementleri ile ilgili olarak beslenme problemlerinin olduğu

görülmektedir. Özellikle toprakların tümünde organik madde içeriğinin düşük olması, bu durumun giderilmesi amacıyla özellikle ahır gübresi, yeşil gübreleme, vermikompost gibi organik kökenli gübrelerin uygulanması gerekmektedir.

Mısır yetiştiriciliğinde en uygun pH aralığının hafif asidik ve nötr olması istenmektedir. Araştırmaya konu olan toprak örneklerinin toprak reaksiyonlarının kuvvetli alkali olduğu ve tuzluluk probleminin olmadığı belirlenmiştir. Toprakların kireç içeriğinin kireçli ve orta kireçli arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Organik maddeyi arttırmak amacıyla uygulanacak organik gübreler ile mısır yetiştiriciliğinde kirecin olası olumsuz etkisinin önüne geçebilir. Topraklar azot içeriği yönünden “yeterli” ve “fazla” olarak değerlendirilmiştir. Ancak fosfor toprakların yarısına yakınında “az” olarak belirlenmiştir. Potasyum içeriği ise “yeterli” ve “fazla” düzeyde değerlendirilmiştir.

Araştırmaya konu olan topraklarda mikro element noksanlığı belirlenmemiştir. Bu sonuçlar bölge üreticilerinin temel gübreleme yanında mikroelement gübrelemesine de önem verdiklerini göstermektedir. Bölge üreticilerinin genelde sözleşmeli üretim yapmaları ve ziraat mühendislerinden danışmanlık hizmeti almalarının bir sonucu olarak görülmektedir.

Toprak verimliliğinin sürdürülebilir olarak devamının sağlanması noktasında gübrelemenin sadece toprak analizleri ile değil aynı zamanda bitki analizlerine bağlı olarak yapılması da önerilmelidir. Tarımsal üretim için geleneksel metotlar yerine modern teknikler kullanılarak analizlere dayalı yapılan yetiştiricilik mısır yetiştiriciliği için de oldukça önemlidir. Gübreleme programları hazırlanırken bitki besin elementi yarıyışlılığına en çok etki eden faktörlerden biri olan toprak özellikleri dikkate alınmalı ve bu doğrultuda gübrelemenin gerçekleştirilmelidir. Bu tür çalışmaların hem çalışmanın yapıldığı bölgedeki çiftçilerimize yol gösterici olacağı hem de toprak analizlerin yapılması açısından özendirici olabileceği düşünülmektedir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

Ahmadi, M., Wiebold, W.J. and Beuerlein, J.E. 1993. Grain yield and mineral composition of corn as influenced by endosperm type and nitrogen. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24(17-18): 2409-2426.



- Aksoy, E., Katkat, A.V., Gürlük, S., Özsoy, G. ve Aşık, B.B. 2012. Bursa 1/100.000 Çevre Düzeni Planı 1/100.000 Ölçekli İl Çevre Düzeni Planı Analitik Etüdüleri. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa.
- Andraski, W., Bundy, G. and Brye, R. 2000. Crop management and corn nitrogen rate effects on nitrate leaching. *Journal of Environmental Quality*, 29: 1095-1103.
- Anonim, 1983. Bursa İli verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları. TOVEP Yayın No: 06. Genel Yayın No: 734.
- Anonim, 1990. FAO. Micronutrient, assessment at the country level: an International Study. FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Anonim, 1995. Bursa İli arazi varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. İl Rapor No: 16, Ankara.
- Anonim, 2008. Toprak ve arazi sınıflaması teknik talimat, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara. 150 s.
- Anonim, 2016. 2014-2015 yılı Bandırma Ticaret Borsası toprak analiz laboratuvarı faaliyet raporu, <https://www.bantb.org.tr/dosyalar/2014-2015faaliyettoprakraporu.pdf>. Erişim 2016.
- Anonim, 2016. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Mısır Raporu. 10.08.2016
- Anonim, 2019. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Bursa İl Müdürlüğü 2019 yılı Faliyet Raporu, Bursa.
- Aşık, B.B., Özsoy, G., Aksoy, E. ve Katkat, A.V. 2013. Bursa ili gübre kullanım durumu. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 3-7 Haziran 2013, Kapadokya s:117-120.
- Aşık, B.B. ve Katkat A.V., 2018. Topraklarda organik madde kaynağı olarak atıksu arıtma çamurlarının kullanım olanakları. Organomineral Gübre Çalıştayı, 29.09.2017, İstanbul s:37-52.
- Baker, A.J.M. and Walker, P.L.1989. Physiological responses of plants to heavy metals and the quantification of tolerance and toxicity. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 1(1): 7-17.
- Başar, H. Özgümüş, A. ve Katkat, A.V. 1997. Bursa yöresinde yetiştirilen şeftali ağaçlarının azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile beslenme durumlarının yaprak analizleri ile incelenmesi. *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 21: 257-266.
- Başar, H. 2001. Bursa İli topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15: 69-83.
- Bayram, S.E. ve Elmacı, Ö. 2014. Ege Bölgesi Tire İlçesi mısır plantasyonlarının beslenme durumlarının incelenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (2):26-32.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recabliration of the hidrometer for marking mechanical analysis of soil, *Agronomy Journal*, 43:434-437.
- Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 2. ed. C.A. Black, American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp 1149-1178.
- Byre, K.R., Norman, J.M., Bundy, L.G. and Gower, S.T. 2001. Nitrogen and carbon leaching in agroecosystems and their role in denitrification potential. *Journal of Environmental Quality*, 30: 58-70.
- Çaycı, G., Kütük, C. ve Soba, M.R. 2011. Etlik piliç gübrelerinin türkiye tarımındaki önemi ve kullanım uygulamaları. 1. Uluslararası Beyaz Et Kongresi. 11-15 Mayıs 2011, s: 82- 90. Antalya-Türkiye.

- Çelik, H. ve Katkat, A.V. 2005. Bursa İli şeftali yetiştiriciliği yapılan tarım topraklarının potasyum durumu ve demir klorozu ile ilişkisi. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 3-4 Ekim 2005, s.74-84, Eskişehir.
- Çelik, H. ve Urhan, G. 2020. Keles yöresi kiraz bahçelerinin beslenme durumlarının toprak, yaprak ve meyve analizleri ile değerlendirilmesi. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (1): 185-200.
- Çimrin, K.M. ve Boysan, S. 2006. Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleriyle ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16: 105-111.
- De Vos, C.H.R., Schat, H., De Wall, M.A.M., Vooijs, R. and Ernst, W.H.O. 1991. increased resistance to copper-induced damage of root cell plasmalemma in copper tolerant *Silene-Cucubalus*. *Physiol. Plant.*, 82: 525-528.
- Ekmekçi, E., Apan, M. ve Kara, T. 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. *Toprak ve Gübre Arş. Ens. Yayınları*. No: 220, Ankara.
- Follet, R.H. and Lindsay, W.L. 1970. Profil distribution of zinc, iron, manganese, and copper in Colorado Soils. *Colo. State. Univ. Exp. Sta. Bull.*, 110 p.
- Förstner, U. 1995. "Land contamination by metals—global scope and magnitude of problem," in *Metal Speciation and Contamination of Soil*, H. E. Allen, C. P. Huang, G. W. Bailey, and A. R. Bowers, Eds., CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA, pp. 1-33.
- Ganorkar, R.P. and Chinchmalatpure, P.G. 2013. Physicochemical assessment of soil in Rajura Bazar in Amravati district of Maharashtra (India). *International Journal of Chemical, Environmental and Pharmaceutical Research*, 4(2-3): 46-49.
- Gözübenli, H. 1997. Değişik azot uygulamalarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı mısır genotiplerinin azot kullanım etkinliğinin saptanması. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana.
- İdikut, L. ve Yıldız, Ş. 2018. Birinci ürün mısırdaki farklı dozlarda fosfor uygulamasının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisinin karamanmaraş koşullarında araştırılması, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2): 211-221.
- Jones, J.B. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*, CRC Press, Washington, D.C. 384 p.
- Kacar, B. 2016. Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri 3, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat, A.V. 2007. Bitki Besleme. Nobel Yayın, No: 849, Fen ve Biyoloji Yayınları No: 29, Ankara.
- Karnez, E. 2010. Aşağı Seyhan ovasında buğday ve mısır üretim alanlarında azot bütçesine ilişkin girdi ve çıktılarının irdelenmesi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Lambert, R.J., Hoef, R.G., Gonzini, L.C. and Warren, L.L. 1998. Monitoring nitrogen use of corn hybrids using grain protein concentration. (R.G. HOEFT editors) *Illinois Fertilizer Conference Proceedings*, p: 97-104.

- Lourence, R.S. 1984. Yield of maize phoenix and residual phosphorus in a heavy yellow latosol in Rondonia, ComunicadoTecnio, UEPAE de Porto Velho, No:28, Brazil.
- Mahvi, A.H., Nouri, J., Babaei, A.A. and Nabizadeh, R. 2005. Agricultural Activities impact on groundwater nitrate pollution. *International Journal of Environmental Science Technology*, 2(1): 41-47.
- Mclean, E.O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed. A.L. Page. *American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series*, No.9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp: 199-223.
- Mengel, K. and Kirkby, E.D. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
- Mostara, M.R. and Poy, R.N. 2008. Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis, FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No:19, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.A.L. Page. *American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series*, No.9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp: 181-196.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of Soil Analysis, Part 2. *Chemical and Migrobiological Properties. Agronomy Monograph No.9 (2 nd Ed.) ASA-SSSA*, Madison, Wisconsin, USA, pp: 539-579.
- Özgüven, N. ve Katkat, A.V. 2002. Bursa ili topraklarının bitkiye yararışlı çinko yönünden genel durumu. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16: 235-244.
- Parlak, M., Fidan, A., Kızılcık, İ. ve Koparan, H. 2008. Eceabat İlçesi Tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(4): 394-400.
- Rhoades, J.D. 1982. Soluble Salts. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed. A.L. Page. *American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series*, No.9, Madison, Wisconsin, USA, pp: 167-178.
- Russelle, M.P., Deibert, B.J., Hauck, R.D., Stevanovic, M. and Olson, R.A. 1981. Effects of water and nitrogen management on yield and 15n-depleted fertilizer use efficiency of irrigated corn. *American Society of Agronomy*, 45(3): 553-558.
- Sönmez B., Özbahçe, A., Akgül, S. ve Keçeci, M. 2018. Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, *Proje Sonuç Raporu*, TAGEM/TSKAD/11/A13/P03 Ankara.
- Taşova, H. ve Akın, A. 2013. Marmara Bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamalarının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. *Toprak Su Dergisi*, 2 (2): 83-95.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.A.L. Page, *American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series*, No.9, Madison, Wisconsin, USA, pp: 159-164.

- Turan, M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G. ve Taban, S. 2010. Bursa İli alüvyial tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1): 115-130.
- Tümsavaş, Z. 2002. Bursa İli kolüvyal büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumunun belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 12 (1): 131-144.
- Tümsavaş, Z. ve Aksoy, E. 2008. Kahverengi orman büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 43-54.
- Ülger, A.C., Ibriki, H., Cakır, B. and Guzel, N. 1997. Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content and other plant parameters. *Journal of Plant Nutrition*, 20(12): 1697-1709.
- USDA, 2002. Soil Electrical Conductivity Classification: A Basis For Site-Specific Management In Semiarid Cropping Systems. Agricultural Research Center, Lincoln, Nebraska.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N. 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No:66, 4. Baskı, Ankara.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenol hypochlorite method. *Limnology Oceanography*, 14: 799-801.
- Robarge, W.P., Edwards, A. and Johnson, B. 1983. Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 14(12): 1207-1215.
- Watanabe, F.S. and Olsen, S.R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. *Soil science Soc. Am. Proc.*, 29: 677-678.
- Yavuz, H., Cansız, S. ve Turan, M.A. 2020. Bursa İli Gürsu İlçesi armut bahçelerinin potansiyel mikro bitki besin elementi eksiklikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 34(1): 107-118.
- Zengin, M. ve Özbahçe, A. 2013. Bitkilerin İklim ve Toprak İstekleri. *Atlas Akademi Yayınları*, Konya.





## Farklı Ekim Zamanı ve Fosfor Dozlarının

## Keten (*Linum usitatissimum* L.)'in Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi<sup>A</sup>

Rüveyde TUNÇTÜRK<sup>1\*</sup>, Murat TUNÇTÜRK<sup>2</sup>

**Öz:** Bu araştırma, 2014 ve 2015 yazlık ekim döneminde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait uygulama alanlarında farklı ekim zamanlarında fosforlu gübre dozlarının ketenin tarımsal ve kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni' ne göre kurulmuş ve ekim zamanı ana parselde, fosfor dozları alt parsellerde olacak şekilde 3 tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir. Araştırmada, 3 farklı ekim zamanı (7-10 Nisan, 22-25 Nisan ve 7-10 Mayıs, her yıl 15 gün ara ile) ve 3 fosfor dozu (Kontrol, 4 ve 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>) kullanılmıştır. Denemede bitki boyu, teknik sap uzunluğu, dal sayısı, kapsül sayısı, kapsülde tane sayısı, bin tane ağırlığı, tohum verimi, ham yağ oranı ve ham yağ verimi gibi özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, 2014 ve 2015 yıllarında en yüksek tohum verimi sırasıyla 77.2 ve 80.7 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanında ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamalarından elde edilirken, üçüncü ekim zamanında 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamaları ile aralarında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada en yüksek ham yağ verimi ise 2014 yılında (21.2 kg da<sup>-1</sup>) ilk ekim zamanında ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübresi uygulamalarından elde edilirken, 2015 yılında (26.0 kg da<sup>-1</sup>) ikinci ekim zamanında ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübresi uygulamalarından elde edilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; bitki boyu ile teknik sap uzunluğu ( $r_p=0.652$ ), kapsülde tane sayısı ( $r_p=0.405$ ), tohum verimi ( $r_p=0.374$ ) ve yağ verimi ( $r_p=0.341$ ) arasında, tohum verimi ile yağ verimi arasında katsayısı  $r_p=0.645$ , yağ oranı ile yağ verimi arasında da katsayısı  $r_p=0.658$  olan  $p<1\%$  seviyesinde pozitif korelasyonun olduğu tespit

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Rüveyde TUNÇTÜRK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, ruveydetuncurk@yyu.edu.tr [OrcID 0000-0002-3759-8232](https://orcid.org/0000-0002-3759-8232)

<sup>2</sup> Murat TUNÇTÜRK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, murattuncurk@yyu.edu.tr [OrcID 0000-0002-7995-0599](https://orcid.org/0000-0002-7995-0599)

edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler dikkate alındığında, Van koşullarında keten için en uygun ekim zamanının Nisan başı (7-10 Nisan) ve dekara 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fosfor verilmesinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Linum usitatissimum* L., ekim zamanı, fosfor dozları, keten, verim.

## The Effects of Different Sowing Dates and Phosphorus Doses on Yield and Quality Characteristics of Flax (*Linum usitatissimum* L.)

**Abstract:** This research was carried out in order to determine the effects of phosphorus fertilizer doses at different sowing times on the agronomic and quality characteristics of flax at the experimental fields of Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in 2014 and 2015 years. The experiment was arranged according to the split plot design in randomized complete block design with 3 replications, sowing time into the main plots and phosphorus doses in the sub plots was placed. In the research, three sowing times (7-10 April, 22-25 April and 7-10 May, 15 days interval) and 3 different doses of phosphorus (Control, 40 and 80 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were used. In the experiment, plant height, technical stem length, number of branches, number of capsule, number of seeds in capsule, thousand seed weight, seed yield, crude oil ratio and crude oil yield were investigated. As a result of the research, the highest seed yield in 2014 and 2015, respectively; while it is obtained at the time of first planting with 772.0 and 807.0 kg ha<sup>-1</sup> and 80 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus fertilizer applications, at the time of the third sowing, it was determined that there was no statistical difference between 80 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus applications. In this study, The highest crude oil yield was obtained in 2014 (212.0 kg ha<sup>-1</sup>) at the first planting time and 80 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus fertilizer applications, also it was obtained in 2015 (260.0 kg ha<sup>-1</sup>) at the second sowing time and 80 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus fertilizer applications. Correlation analysis results showed positive significant correlations (p<1%) among plant height with technical stem height ( $r_p=0.652$ ), seed number per capsule ( $r_p=0.405$ ), seed yield ( $r_p=0.341$ ); between seed yield and oil yield ( $r_p=0.645$ ) as well as between oil ratio and oil yield ( $r_p=0.658$ ). Considering the data obtained from this study, it was determined that the most suitable sowing time for flax was the beginning of April (7-10 April) and the most suitable phosphorus fertilizer dose was 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Linum usitatissimum* L., flax, phosphorus doses, sowing time, yield.

### Giriş

Dünyada buğday ve arpa ile birlikte ilk kültüre alınan bitkilerinden birisi olan keten (*Linum usitatissimum* L.) bitkisine dair arkeolojik bulgular, tarih öncesi çağlarda Orta Doğu' da keten tarımının yapıldığını göstermektedir. Ketenin orijin merkezi, Akdeniz' in batısından Hindistan' a kadar olan bölgedir. Bu bölgede keten türlerinin



birçoğu, doğal olarak bulunmaktadır. Akdeniz lif, Güney batı Asya ise yağlık tip ketenlerin gelişmesinde etkili olmuş bölgelerdir (Yıldırım, 2005; Geçit ve ark., 2018; Mert, 2020). Linaceae familyasından olan *Linum* cinsinin dünyada tek ve çok yıllık olmak üzere 100, ülkemizde ise 38 türü bulunmaktadır (Yıldırım, 2005). Keten bitkisinin lif ve yağ tipi olmak üzere temelde iki değişik formu mevcuttur. Lif amaçlı olarak ilk kültüre alındığında bu bitkinin, zaman içerisinde kullanım alanları oldukça genişleyerek çatlamayan kapsüllü formların bulunması ile yağ elde etmek amacıyla üretilmeye başlanmıştır (Tunçtürk, 2007).

Keten bitkisinin saplarından elde edilen lifler; doğal, yumuşak, emici, dayanıklılık gibi özellikleriyle tekstil sanayisinde, gemi halatı, yelken, çadır bezi, hortum yapımı, gaz maskesi, muşamba üretimi, sert kontrplak, kağıt, ve ısı yalıtım malzemesi yapımında da kullanım alanı mevcuttur (Tanman, 2009; Endes, 2010).

Keten tohumları % 20-25 protein ve % 35-45 oranında yağ içermektedir (Gill, 1987). Keten yağı insan beslenmesinde önemli olan Omega-3 (alfa-linolenik) içeriği yönünden zengin bir kaynaktır. Omega-3, yağ asitlerinin yaklaşık % 50-55'ini kapsamaktadır (Yıldırım, 2005). Ancak, hızlı oksitlenmesi ve zamanla acılaştırmadan dolayı keten yağının yemeklik yağ olarak kullanımı yok denecek kadar azdır. Ancak son yıllarda yemeklik yağ olarak kullanılabilen bazı keten çeşitleri (Linola) ıslah edilmiştir (Mert, 2020).

2018 yılı FAO verilerine göre; dünya keten ekiliş alanı 240 293 ha, lif verimi 3 613 8 kg ha<sup>-1</sup> ve üretimi 868 364 ton' dur (Anonim, 2020a). 2019 yılı verilerine göre; Türkiye' de keten ekiliş alanı, 25.0 da, lif verimi 80 kg da<sup>-1</sup> ve üretim miktarı 2 ton' dur. 1999-2012 yılları arasında tohum verimi ise 36-72 kg da<sup>-1</sup> olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2020b). 2012 yılından sonra tohum verimine ilişkin herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Keten tohumu, müsilaj oranı yüksek olan ve müsilajından faydalanmak için kullanılan bir drogdur. Ketende müsilaj, tohum kısmında bulunur ve miktarı %10 kadardır. Tohumların hacim artırıcı etkisinden dolayı müşhil olarak kronik kabızlıkta, sindirim sistemi tahrişlerinde, gastritin kısa süreli semptomatik tedavisinde, mukoza tahrişlerinde, kronik öksürük ve bronşitte, haricen lapa halinde yumuşatıcı ve ağrı azaltıcı Konuklugil ve Bahadır (2004) olarak kullanıldığı bilinmektedir.

Ülkemiz topraklarında elverişli fosfor eksikliği ve buna bağlı olarak aşırı fosfor gübrelemesi önemli bitki besleme ve gübreleme sorunları olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, bitkisel üretimi sınırlandıran temel beslenme sorunlarının başında topraktaki fosforun bitkilere yararıyla ilgili düşük olmasıdır. Önemli bir makro besin elementi olan fosfor; nükleoproteinlerin yapısına giren, hücre bölünmesinde rol oynayan, potasyumun bitkiler tarafından alınmasını sağlayan, kök gelişimi ve olgunlaşmayı teşvik ederek bitkilerde direnç artışı sağlamaktadır (Brohi ve Aydeniz, 1994; Çetin ve Öztürk, 2012). Fosforlu gübreleme ile bitkilerde kök gelişimi artmakta ve kökün topraktaki deşinim yüzeyi genişleyerek bitkilerin diğere besin maddelerinden yararlanma oranını artmaktadır (Marschner, 1995). Fosforlu gübreler tohum verimi ve kalitesinin yükselmesinde de oldukça önemlidir. Ayrıca, fosforlu gübreler nodülasyonu ve nitrogenaz aktivitesini etkileyerek topraktaki azotun yararlanılabilirliğini arttırmaktadır (Arioğlu, 2000).

Yetiştirme tekniği zinciri içinde yer alan ve verimi önemli derecede etkileyen hususlardan birisi de ekimin zamanında yapılmamasıdır. Bitkilerin düşük sıcaklıklara hassas oldukları ilk gelişme dönemlerinde kritik sıcaklıkların etkisinin planlanması bakımından ekim sıcaklığı önemlidir (Hakyemez, 2006; Bozkurt ve Kurt,

2007). Tüm kültür bitkilerinde olduğu gibi keten bitkisinde de doğru zamanda ekimin yapılması; yüksek oranda çimlenme sağlanması, bitkinin generatif döneme geçmeden önce yüksek sıcaklıklara maruz kalmadan vejetatif gelişimlerini tamamlamaları birim alandan hedeflenen verim ve kaliteye ulaşılması bakımından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma, son yıllarda ülkemizde yetiştiriciliği oldukça azalan kadim bir geçmişe sahip fonksiyonel bir bitki olan keten bitkisinin, bölgemiz topraklarında elverişsiz fosfor mineralinin yetersiz olması nedeniyle gübrelemeyi zorlu kılmakta ve uygun dozun tespit edilmesi, verim ve kalite parametreleri bakımından da önemli bir sınırlayıcı faktör olan ekim zamanının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma 2014 ve 2015 yıllarında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait uygulama alanında yürütülmüştür. Denemede materyal olarak yerli tescilli çeşit olan Sarı-85 yağlık keten çeşidi kullanılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü ilk yıl olan 2014 yılı yetiştirme sezonunda (Nisan (8.8 mm), Mayıs (13.5mm), Haziran (20.1 mm) ve Temmuz (23.9 mm) süresince ayların toplam yağış miktarı 66.3 mm, 2015 yılı yetiştirme sezonunda (Nisan (53.3 mm), Mayıs (54.0 mm), Haziran (38.4 mm) ve Temmuz (0.3 mm) süresince ayların toplam yağış miktarı ise 146 mm olarak kaydedilmiş olup 2014 yılının aylık toplam yağış miktarı, uzun yıllar (1960-2013) ortalama değerinden düşük iken, 2015 yılına ait değerler daha yüksek kaydedilmiştir. 2014 ve 2015 yılı aylık ortalama sıcaklık değerleri 16.6 °C ile uzun yıllar ortalamasından (15.9°C) kısmen yüksek seyretmiştir. Her iki deneme yılının nem içeriği ise sırasıyla; % 45.9 ve % 44.5 olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2020c).

Araştırma alanı toprakları kumlu killi tın tekstür yapısında, pH alkali reaksiyonlu (8.18) ve tuz oranı (% 0.021) düşük olup organik madde (% 1.17) bakımından fakir, kireçli (% 17.9), azot içeriği (0.049 me/100g) ve yarıyıllık fosfor içeriği (6.70 ppm) çok düşük, potasyum miktarının (488 ppm) ise yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü tarla, her iki deneme yılında da sonbaharda pullukla derin sürüm yapıldıktan sonra ilkbaharda ekimden önce ikileme yapılmak suretiyle ekime hazır hale getirilmiştir. Denemede farklı ekim zamanları (7-10 Nisan, 22-25 Nisan ve 7-10 Mayıs, her yıl 15 gün ara ile) ve fosfor dozları (Kontrol 4 ve 8 kg da<sup>-1</sup>) olmak üzere Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni' ne göre 3 tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir.

Denemede, sıra arası 15 cm, sıra üzeri mesafesi ise m<sup>2</sup>' ye 450 bitki gelecek şekilde ayarlanmış ve ekim markörle açılan çizilere 2-3 cm derinliğinde elle yapılmıştır. Her deneme parselinde 6 sıra bitki olacak şekilde 4m x 0.90m = 3.6m<sup>2</sup> olarak düzenlenmiştir. Tüm parsellere eşit dozda dekara 8 kg saf azot olacak şekilde amonyum sülfat (% 21) gübresi ekim ile birlikte uygulanmıştır. Hasat, parsel başından ve sonundan 50'şer cm ve her iki kenarından birer sıra kenar tesiri olarak çıkarıldıktan sonra geriye kalan alandaki (3 m x 0.60 m= 1.8 m<sup>2</sup>) bitkilerin yapraklarının kısmen döküldüğü, kapsül renklerinin sararıp çatlamaya başladığı dönemde ilk ekim

zamanı için; 26-29 Temmuz, ikinci ekim zamanı için; 05-09 Ağustos ve üçüncü ekim zamanı için; 14-19 Ağustos tarihleri arasında yapılmıştır.

Hasattan önce parsellerde kenar tesirleri hariç tutularak rast gele seçilen 10 bitkide bitki boyu (cm), teknik sap uzunluğu (cm), dal sayısı (adet), kapsül sayısı (adet) ve kapsülde tohum sayısı (adet) ölçülmüştür. Hasat edilen bitkiler 3-4 gün süreyle doğal olarak kurumaya bırakılmış, sonra sopalarla dövülerek harmanlanmış ve tohum verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen parsel verimlerinden 4 tekrarlamalı olarak 100 adet tohum tartılıp ortalaması alınarak her bir parselde ait bin tohum ağırlıkları belirlenmiştir. Hasat sonunda her parselden 5 g tohum örneği alınıp, öğütülerek sabit yağ oranları XT 10 Model Yağ ekstraksiyon cihazında petrol eteri ekstraksiyonu ile belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni' ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi' ne göre belirlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987). Korelasyon analizleri için IBM SPSS istatistik (version 22) programından yararlanılmıştır. Verilerin normal dağılıma sahip olması durumunda Pearson korelasyon katsayısı, iki sayısal ölçüm arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü ve şiddetinin ne olduğunu belirlemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir (IBM Corp., 2013).

## Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, birçok özellik bakımından yıllar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edildiği için yıllar hem ayrı ayrı hem de birleştirilerek analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada bitki boyu bakımından farklı fosfor dozları, EZ x P interaksiyonu ve deneme yılları arasında istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir. Ekim zamanı uygulamaları bakımından % 1 düzeyinde istatistiksel olarak farklılığın olduğu Çizelge 1'de görülmektedir. En yüksek bitki boyu her iki yılda da sırasıyla; 44.1 ve 40.6 cm ile ilk ekim zamanından belirlenirken, 2014 yılında en düşük bitki boyu değeri 36.9 cm ile ikinci ekim zamanından belirlenmiştir. 2015 yılında en düşük bitki boyu değeri ise 38.7 cm ile üçüncü ekim zamanından tespit edilmiştir. Ancak her iki deneme yılında da ikinci ve üçüncü ekim zamanları aynı önem seviyesinde yer almışlardır. Yılların birleştirilmiş ortalamasına bakıldığında ekim zamanı uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyu 42.3 cm ile ilk ekim zamanından, en düşük bitki boyu ise 37.9 cm ile üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılığın bulunmadığı Çizelge 1'de görülmektedir. Keten yetiştiriciliğinde ekim zamanı tarımsal özellikleri ve kaliteyi etkileyen önemli bir faktördür. Ketende bitki boyu genetik özelliklerin yanı sıra kullanılan tohumluk, ekim zamanı, iklim ve gübreleme gibi çok sayıda faktörlerin etkisi altındadır.

**Çizelge 1.** Farklı ekim zamanı ve fosfor dozlarının ketende incelenen özelliklere ait 2014 ve 2015 yıllarında elde edilen değerler

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)			Teknik sap uzunluğu (cm)			Yan Dal sayısı (adet)			
	2014	2015	Ort.	2014	2015	Ort.	2014	2015	Ort.	
EZ <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	44.0	39.4	41.7	26.0	23.3ab	24.7 abc	4.16 abc	4.66 abc	4.41
	P <sub>4</sub>	44.9	41.5	43.2	26.8	28.2 a	27.5 a	4.81 ab	5.90 a	5.36
	P <sub>8</sub>	43.4	40.7	42.1	27.8	23.8ab	25.8 ab	5.33 a	5.26 ab	5.30
EZ <sub>1</sub> ort.	44.1 a	40.6 a	42.3 a	26.9 a	25.1 a	26.0a	4.77 a	5.28 a	5.02 a	
EZ <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	39.1	38.2	38.6	20.2	21.0 b	20.6 bc	3.90 bc	4.96 abc	4.43
	P <sub>4</sub>	37.0	39.7	38.4	18.7	21.0 b	19.9 c	3.73 bc	4.76 abc	4.25
	P <sub>8</sub>	34.5	40.9	37.7	16.9	21.1 b	19.0 c	4.78 ab	4.19 c	4.48
EZ <sub>2</sub> ort.	36.9 b	39.6 ab	38.2 b	18.6 b	21.0 b	19.8 b	4.13 b	4.64 b	4.39 b	
EZ <sub>3</sub>	P <sub>0</sub>	39.0	40.5	39.7	21.0	20.6 b	20.8 bc	4.05 bc	4.33 bc	4.19
	P <sub>4</sub>	34.7	37.3	36.0	17.2	11.7 c	14.4 d	4.53 ab	4.53 bc	4.53
	P <sub>8</sub>	37.9	38.2	38.1	18.4	21.2 b	19.8 c	3.48 c	5.40 a	4.44
EZ <sub>3</sub> ort.	37.2 b	38.7 b	37.9 b	18.9 b	17.8 c	18.3 b	4.02 b	4.75 b	4.38 b	
P <sub>0</sub> ort.	40.7	39.4	40.0	22.4	21.6	22.0	4.04	4.65	4.34	
P <sub>4</sub> ort.	38.9	39.5	39.2	20.9	20.3	20.6	4.36	5.06	4.71	
P <sub>8</sub> ort.	38.6	40.0	39.3	21.1	22.1	21.6	4.53	4.95	4.74	
Yıl ort.	39.4	39.6		21.4	21.3		4.31 b	4.89 a		
EZ	**	*	**	**	**	**	**	*	**	
P	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
EZ x P	öd	öd	öd	öd	**	**	**	**	öd	
Yıl (Y)	öd			öd			**			
VK (%)	9.45	7.16	8.77	12.21	8.25	12.3	10.47	10.19	14.4	

\*P<0.05 düzeyinde, \*\*P<0.01 düzeyinde önemli olup aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur.

Bitki boyunun artması ile teknik sap uzunluğu da paralel bir artış göstererek metrekaredeki bitki sayısında da artış sağlanacaktır (Tarıman, 1950). Araştırma sonuçlarımız, erken ekimde bitki boyunun arttığını belirten Tarıman (1950) ve Uzun (1992), keten bitkisinde Mart ayından elde edilen değerlerin, ikinci ekim zamanı olan Nisan ayından elde edilen değerlere göre daha fazla olduğu, bu sebeple ilkbahar mevsiminde ekim işleminin erken yapılması gerektiğini vurgulayarak bitki boyunu 51.8 -39.4 cm arasında tespit ettiklerini, Longkumer ve Singh (2013), ketende farklı ekim zamanlarında (17 Mayıs ve 27 Mayıs) en yüksek bitki boyunu ilk ekim zamanından elde ettiklerini ve çalışmamızda olduğu gibi deneme yılları arasında önemli bir farklılığın tespit edilmediğini, Menderes (2019), yürüttüğü ekim zamanı çalışmasında (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) geciken ekim zamanının bitki boyunda kısaltmaya neden olduğunu ve bitki boyunun 59.0 ile 65.2 cm arasında değişiklik gösterdiğini bildirdikleri çalışma bulgularıyla desteklenirken, Endes (2010)' in farklı ekim zamanlarında (5 Nisan, 15 Nisan, 26 Nisan ve 6 Mayıs) yaptığı çalışmada en uzun bitkileri 40.4 cm ile 6 Mayıs ekimlerinden tespit ettiği ekim zamanındaki gecikmenin bitki boyunu arttırdığına dair çalışma sonuçları ile farklılık gösterdiği

saptanmıştır. Lif amaçlı çeşitlerde önemli bir parametre olan olan bitki boyunun uzun olması istenirken, yağlık çeşitlerde yan dal oluşumunun sağlanması açısından verimi kısmen etkileyen bir özelliktir (Örs, 2018). Fosfor uygulamaları bakımından bitki boyu değeri 38.6-40.7 cm arasında değişiklik göstermiştir. Araştırma sonuçlarımızdan farklı olarak çeşitli bitkilerde yapılan çalışmalarda artan fosfor dozlarının bitki boyunu arttırdığı bildirilirken Sezer (2010); Yıldırım (2015); Karaca (2017), ketencikte yapılan bir çalışmada fosforlu gübrelemenin bitki boyunu istatistiksel olarak önemli seviyede etkilemediği tespit edilmiştir (Tunçtürk ve ark., 2019).

Ketenin, teknik sap uzunluğu veya ilk dallanma yüksekliği üzerine her iki deneme yılında da ekim zamanı uygulamaları arasında %1 seviyesinde istatistiksel olarak önemlilik bulunduğu tespit edilirken, fosfor uygulamaları ve yıllar arasında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenmemiştir. EZ x P interaksiyonunda ise sadece 2015 yılında istatistiksel olarak %1 seviyesinde farklılığın olduğu Çizelge 1'de görülmektedir. Elde edilen verilere göre; en yüksek teknik sap uzunluğu her iki yılda sırasıyla; 26.9 ve 25.1 cm ile ilk ekim zamanından tespit edilmiştir. 2014 yılında en düşük değer 18.6 cm ikinci ekim zamanından, 2015 yılında ise en düşük teknik sap uzunluğu değeri 17.8 cm ile üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. Üçüncü ekim zamanı ile ikinci ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı aynı Duncan grubunda yer aldığı belirlenmiştir. 2014 ve 2015 yıllarının birleştirilmiş ortalaması incelendiğinde ekim zamanı uygulamaları ile EZ x P interaksiyonunun teknik sap uzunluğu üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunurken fosfor dozu uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek teknik sap uzunluğu 26.0 cm ile ilk ekim zamanından, en düşük değer ise 18.3 cm ile üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. EZ x P interaksiyonunda en yüksek teknik sap uzunluğu değeri, 27.5 olarak ilk ekim zamanında 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu uygulamalarından elde edilirken, aynı ekim zamanında kontrol ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozu ile aynı Duncan grubunda yer almıştır.

İlk dallanma yüksekliği lif ketenlerinde oldukça önemli ve istenen bir özellik iken, yağ ketenlerinde bitkideki sap sayısını ve dolayısıyla kapsül sayısını azalttığı için istenmemektedir (Kara, 2014). Yağlık ketenlerde ilk dallanma yüksekliğinin fazla olması dolayısıyla ilk kapsülün yerden yüksekte olması sonucu hasat kayıplarını önlemek açısından önemli olup iş gücünün pahalı olması, makinalı tarımı hasatta önemli bir kriter haline getirmiş ve bu durum teknik sap uzunluğunun önemini ortaya koymuştur. Tanman (2009), kışlık ekilen ketende yapılan farklı ekim zamanı uygulamasında Sarı-85 çeşidinin teknik sap uzunluğunu 36.9 ile 40.4 cm arasında belirlenmiştir. Kurt ve ark. (2015), Samsun koşullarında yürüttükleri çalışmada, teknik sap uzunluğunun 29.4-31.7 cm arasında değiştiğini saptamışlardır.

Menderes (2019), yürüttüğü ekim zamanı çalışmasında (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) geciken ekim zamanının ilk dallanma yüksekliğinde kısaltmaya neden olduğunu ve ilk dallanma yüksekliğinin 34.2 ile 38.7 cm arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Söz konusu araştırmacı bulguları ile araştırma sonuçlarımız paralellik göstermektedir. Fosfor uygulamaları açısından teknik sap uzunluğu 20.3-22.4 cm arasında tespit edilmiştir.

Yan dal sayısı üzerine, ekim zamanı, yıl ve ekim zamanı x fosfor interaksyonu 2014 yılında istatistiksel olarak % 1 seviyesinde, 2015 yılında ekim zamanı % 5, yıl ile ekim zamanı x fosfor interaksyonu ise % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca, fosfor dozlarının istatistiksel olarak önemli bir etkisi tespit edilememiştir. Birleştirilmiş yıl ortalamasına bakıldığında ekim zamanı uygulamalarının yan dal sayısı üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunurken, P ve EZ x P uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. En fazla yan dal sayısı 5.02 adet ile ilk ekim zamanından, en az yan dal sayısı ise 4.38 adet olarak üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Yağlık ketenlerde yüksek miktarda tohum verimi elde etmek için bitkide dallanmanın yeterli düzeyde oluşması oldukça önemlidir. Çünkü, ketende ana sap ve yan dallar çiçek salkımları ile sonlanmaktadır (Mert, 2020). Bu nedenle bitki üzerinde oluşacak olan dalların özellikle kapsüllü olanları verim üzerinde etkilidir (Geçit ve ark. 2018). Çalışmada, en fazla yan dal sayısı 4.89 adet ile 2015 yılından elde edilirken, en az yan dal sayısı 4.31 adet ile 2014 yılından elde edilmiştir.

Ekim zamanı uygulamaları bakımından en fazla yan dal sayısı 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla; 4.77 ve 5.28 adet olarak tespit edilmiştir. En düşük dal sayısı 2014 yılında 4.02 adet olarak üçüncü ekim zamanı uygulamasından tespit edilmiş ve ikinci ekim zamanı ile aralarında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. 2015 deneme yılında ise yan dal sayısı 4.64 adet ile en düşük ikinci ekim zamanından elde edilirken üçüncü ekim zamanı ile aralarında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir. Geciken ekim zamanına bağlı olarak bitkinin yan dal sayısında azalmanın olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Menderes (2019)' in, Sarı-85 keten çeşidinde yürüttüğü ekim zamanı çalışmasında (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) ekim zamanının yan dal sayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli etkisinin olmadığını ve yan dal sayısını 8.95 ile 9.72 adet arasında değişiklik gösterdiğini bildirdiği çalışma sonuçları elde ettiğimiz bulgulardan yüksek bulunmuştur. Bu durum geç ekimlerde vejetatif gelişimin kısıtlanmasıyla ve buna bağlı olarak dallanmada meydana gelen azalışla açıklanabilir. Ayrıca, Kurt ve ark. (2015), Samsun koşullarında 30 keten çeşidinde yürüttükleri çalışmada; bitkide yan dal sayısının 4.4-7.4 adet arasında değiştiğini saptadıkları çalışmadan elde edilen değerler, yan dal sayısına ilişkin elde ettiğimiz değerler aralığındadır. Fosfor uygulamaları bakımından yan dal sayısı değerleri her iki yıl için 4.04-5.06 adet arasında belirlenmiştir. 2014 yılında EZ x P interaksyonunda en yüksek yan dal sayısı 5.33 adet ile ilk ekim zamanında ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamalarından belirlenirken, 2015 yılında ise 5.90 adet ile ilk ekim zamanında 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamalarından belirlenmiştir. Çalışma sonucunda her ne kadar fosfor uygulamalarının etkisi yan dal sayısı üzerine istatistiksel olarak önemli çıkmasa da kontrole göre artışların sağlandığı belirlenmiştir. Konu ile ilgili olarak; Tunçtürk ve ark. (2019), ketencikte fosfor uygulamalarının yan dal sayısını arttırdığını belirlemişlerdir.

Bu çalışmada kapsül sayısı üzerine EZ x P interaksyonu dışında ekim zamanı, fosfor dozları ve yılların etkisi % 1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En fazla kapsül sayısı 34.1 adet ile 2015 yılından, en az kapsül sayısı ise 30.0 adet ile 2014 yılından belirlenmiştir. Ekim zamanı uygulamaları bakımından en fazla kapsül sayısı her iki deneme yılında da ilk ekim zamanından sırasıyla; 32.4 ve 36.5 adet olarak tespit edilirken en az kapsül sayısı 27.4 ve 31.8 adet ile son ekim zamanından belirlenmiştir. İki yılın birleşik ortalamasına bakıldığında ekim zamanı ve fosfor dozu uygulamalarının kapsül sayısı üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli

bulunurken, EZ x P uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. En fazla kapsül sayısı 34.5 adet ile ilk ekim zamanından, en az yan dal sayısı ise 29.6 adet olarak üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir.

**Çizelge 2.** Farklı ekim zamanı ve fosfor dozlarının ketende incelenen özelliklere ait 2014 ve 2015 yıllarında elde edilen değerler

Uygulamalar	Kapsül sayısı (adet)			Kapsülde tane sayısı (adet)			Bin tane ağırlığı (g)			
	2014	2015	Ort.	2014	2015	Ort.	2014	2015	Ort.	
EZ <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	28.9	33.5	31.2	7.46	7.33 bc	7.40	4.84	5.98	5.41
	P <sub>4</sub>	32.3	34.4	33.3	7.66	9.41 a	8.54	4.67	5.13	4.90
	P <sub>8</sub>	35.9	41.7	38.8	8.02	9.44 a	8.73	4.69	5.90	5.29
EZ <sub>1</sub> ort.		32.4a	36.5 a	34.5 a	7.71 a	8.73 a	8.22 a	4.73 a	5.67	5.20 a
EZ <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	28.5	28.0	28.3	5.70	7.66 b	6.68	3.79	5.12	4.45
	P <sub>4</sub>	29.2	34.6	31.9	6.50	7.80 b	7.15	3.39	5.05	4.22
	P <sub>8</sub>	33.0	39.3	36.1	6.10	7.30 bc	6.70	3.54	5.55	4.55
EZ <sub>2</sub> ort.		30.2b	34.0 ab	32.1 b	6.10 b	7.59 b	6.84 b	3.57 b	5.24	4.41 b
EZ <sub>3</sub>	P <sub>0</sub>	25.9	27.5	26.7	6.38	5.67 d	6.22	2.85	5.37	4.11
	P <sub>4</sub>	27.6	32.4	30.0	6.63	7.83 b	7.23	2.88	5.69	4.28
	P <sub>8</sub>	28.7	35.6	32.1	6.86	6.57 c	6.72	3.32	5.36	4.34
EZ <sub>3</sub> ort.		27.4 c	31.8 b	29.6 c	6.62 b	6.69 c	6.72 b	3.01 b	5.47	4.24 b
P <sub>0</sub> ort.		27.8b	31.0 b	28.7 c	6.51	6.89 b	6.77 b	3.82	5.49	4.66 a
P <sub>4</sub> ort.		29.7b	32.6 b	31.7 b	6.93	8.35 a	7.64 a	3.65	5.29	4.47 a
P <sub>8</sub> ort.		32.5 a	38.5 a	35.7 a	6.99	7.77 a	7.38 a	3.85	5.60	4.73 a
Yıl ort.		30.0 b	34.1 a		6.81 b	7.71 a		3.77 b	5.46 a	
EZ		**	**	**	**	**	**	**	öd	*
P		**	**	**	öd	**	**	öd	öd	öd
EZ x P		öd	öd	öd	öd	**	öd	öd	öd	öd
Yıl (Y)		**			**			**		
VK (%)		5.13	8.13	10.2	8.43	6.57	11.3	12.57	11.61	24.2

\*P<0.05 düzeyinde, \*\* P<0.01 düzeyinde önemli olup aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur.

Konu ile ilgili olarak; Sarı-85 keten çeşidinde yürütülen ekim zamanı çalışmasında farklı ekim zamanlarının (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) kapsül sayısı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilen çalışmada kapsül sayısının 45.6 ile 63.3 adet arasında değişiklik gösterdiği bildirilen çalışma bulguları çalışma sonuçlarımızdan yüksektir (Menderes, 2019). Oysa ki, farklı çalışmalarda; ketende kapsül sayısının 10.2-46.7 adet arasında değiştiğini bildiren araştırmacı (Kurt ve ark., (2005); Bozkurt ve Kurt (2007); Longkumer ve Singh, (2013); Örs ve Öztürk, (2018)) bulguları çalışmamızı destekler niteliktedir. Fosfor dozları yönünden, en fazla kapsül sayısı 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla; 32.5 ve 38.5 adet ile 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamalarından belirlenirken, en düşük değer ise 27.8 ve 31.0 adet ile fosfor gübrelemesinin yapılmadığı kontrol



uygulamalarından tespit edilmiştir. Bulgularımızdan farklı olarak, Yıldırım (2015), ketencikte fosfor dozlarının kapsül sayısını etkilemediğini bildirmiştir.

Bu araştırmadan elde edilen verilere göre; kapsülde tane sayısı üzerine ilk deneme yılında EZ ve deneme yılları arasında istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemlilik tespit edilirken, P ve EZ x P interaksyonunun etkisi önemli bulunmamıştır. İkinci deneme yılında ise tüm deneme faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Kapsülde en fazla tane sayısı 7.71 adet ile 2015 yılından, en az 6.81 adet ile 2014 yılından belirlenmiştir. Her iki deneme yılında en fazla kapsülde tane sayısı sırasıyla; 7.71 ve 8.73 adet ile ilk ekim zamanından, en düşük değer ise 2014 yılında 6.10 adet ile ikinci ekim zamanından elde edilirken son ekim zamanı ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. 2015 yılında ise en düşük değer 6.69 adet ile son ekim zamanından tespit edilmiştir. Yılların birleştirilmiş analizine bakıldığında ekim zamanı ve fosfor dozu uygulamalarının kapsülde tane sayısı üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunurken, EZ x P uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. En fazla kapsülde tane sayısı 8.22 adet ile ilk ekim zamanından, en az kapsülde tane sayısı ise 6.72 adet olarak üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Bulgularımız, ketende kapsülde tane sayısının 4.74-9.12 adet (Kurt ve ark., (2005); Bozkurt ve Kurt, (2007); Longkumer ve Singh, (2013); Örs ve Öztürk, (2018)) arasında değiştiğini bildiren farklı araştırma sonuçlarının birçoğundan yüksek bulunmuştur. Bu durumu, çevresel ve kültürel uygulamalardan kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir. İstatistiksel önemliliğin bulunduğu fosfor dozları bakımından ikinci deneme yılında en fazla kapsülde tane sayısı 8.35 adet ile 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozundan elde edilirken, 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu ile aynı grup içerisinde yer almaktadır. En düşük değer ise 6.89 adet ile kontrol uygulamasından belirlenmiştir. 2015 yılında EZ x P interaksyonunda en fazla kapsülde tane sayısı 9.44 adet ile ilk ekim zamanında 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamalarından belirlenmiştir. Ancak 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamaları ile aynı Duncan grubunda yer aldığı Çizelge 2’ de görülmektedir. Yıldırım (2015) ve Tunçtürk ve ark. (2019), ketencik bitkisinde fosfor dozlarının kapsülde tane sayısını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Bin tane ağırlığı bakımından ilk deneme yılında EZ ve yıllar arasında % 1 seviyesinde önemlilik tespit edilmiş olup, P ve EZ x P interaksyonu önemsiz bulunmuştur. İkinci deneme yılında ise yıl hariç diğer faktörlerin bin tane ağırlığı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En fazla bin tane ağırlığı değeri 5.46 g ile 2015 yılından, en düşük değer ise 3.77 g ile 2014 yılından belirlenmiştir. Yıllar arasındaki farklılığın tohum bağlama dönemindeki sıcaklık değişikliklerinden kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir. En yüksek bin tane ağırlığı (4.73 adet) ilk ekim zamanından, en düşük değer (3.01 g) son ekim zamanından elde edilmiştir. Ancak ikinci ekim zamanı ile aralarında istatistiksel bir farklılık bulunmamaktadır.

2015 yılında ekim zamanına göre bin tane ağırlığı 5.24-5.67 g arasında değişiklik göstermiştir. İki yılın birleştirilmiş ortalamasına bakıldığında ekim zamanı uygulamalarının bin tane ağırlığı üzerine etkisi % 5 seviyesinde önemli bulunurken, P ve EZ x P uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. En fazla bin tane ağırlığı 5.20 g ile ilk ekim zamanından, en düşük bin tane ağırlığı ise 4.24 g olarak üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Yağlı tohumlarda bin tane ağırlığı elde edilen tohumların dolgunluğunun ve büyüklüğünü

ifade etmektedir. Bu nedenle bin tane ağırlığı hem tohum verimi ve hem de yağ oranı bakımından oldukça önemlidir (Vollman ve Rajcan, 2009; Kara, 2014). Ketende yürütülen farklı ekim zamanı (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) çalışmasında, ekim zamanlarının bin tohum ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığını tespit ettikleri çalışmada bin tohum ağırlığının 5.09 ile 5.48 g arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Menderes, 2019). 1000 dane ağırlığına ait bulgularımız; Ghanbari-Odivi ve ark. (2013)' nin 5.02-5.31 g arasında belirledikleri bulgular ile uyum gösterirken, Rokade ve ark. (2015)' nin bulguları (7.10-7.60 g) ve Maurya ve ark. (2017)' nin bulgularından (7.87-9.30 g) daha düşük bulunmuştur. Fosfor uygulamalarına göre; her iki deneme yılında da en fazla bin tane ağırlığı 3.65- 5.60 g arasında belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** Farklı ekim zamanı ve fosfor dozlarının ketende incelenen özelliklere ait 2014 ve 2015 yıllarında elde edilen değerler

Uygulamalar		Tohum verimi (kg da <sup>-1</sup> )			Yağ oranı (%)			Yağ verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
		2014	2015	Ort.	2014	2015	Ort.	2014	2015	Ort.
EZ <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	50.0 b-e	69.0 bd	59.5	32.8 a	30.0	32.0 ab	16.4 ab	21.6 ac	19.0
	P <sub>4</sub>	64.9 a	70.3 bc	67.6	32.1 a	34.9	33.5 a	20.7 a	24.5 ab	22.6
	P <sub>8</sub>	77.2 a	80.7 a	78.9	27.4 ab	25.6	26.5 ab	21.2 a	20.7 bc	21.0
EZ <sub>1</sub> ort.		64.0 a	73.3 a	68.7 a	30.7 a	30.2	30.7	19.4 a	22.2 a	20.8 a
EZ <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	44.3 de	64.7 cd	54.5	28.3 a	28.8	28.4 ab	12.5 b	18.5 c	15.5
	P <sub>4</sub>	47.7 cde	65.7 cd	56.7	26.3 ab	30.4	28.3 ab	12.5 b	19.9 bc	16.2
	P <sub>8</sub>	51.0 bcd	72.5 b	61.7	30.5 a	35.8	33.1 a	15.6 b	26.0 a	20.8
EZ <sub>2</sub> ort.		47.7 b	67.6 b	57.6 b	28.4 b	31.6	29.9	13.6 b	21.4 a	17.5 b
EZ <sub>3</sub>	P <sub>0</sub>	50.7 bcd	47.7 e	49.2	30.6 a	30.6	30.6 ab	15.5 b	14.6 d	15.0
	P <sub>4</sub>	40.3 e	62.7 d	51.5	32.7 a	32.7	32.7 a	13.2 b	20.4 bc	16.8
	P <sub>8</sub>	53.0 bc	65.0 cd	59.0	23.0 b	28.1	25.5 b	12.2 b	18.2 c	15.2
EZ <sub>3</sub> ort.		48.0 b	58.4 c	53.2 b	28.7 b	30.4	29.6	13.6 b	17.7 b	15.7 b
P <sub>0</sub> ort.		48.3 b	60.4 c	54.4 b	30.6 a	29.8 b	30.3 a	14.8	18.2 b	16.5
P <sub>4</sub> ort.		51.0 b	66.2 b	58.6 b	30.3 a	32.6 a	31.5 a	15.5	21.6 a	18.5
P <sub>8</sub> ort.		64.0 a	72.7 a	66.6 a	27.0 b	29.8 b	28.4 b	16.4	21.6 a	19.0
Yıl ort.		53.2 b	66.5 a		28.7 b	30.9 a		15.4 b	20.5 a	
EZ		**	**	**	*	öd	öd	**	**	**
P		**	**	**	**	*	**	öd	**	öd
EZ x P		**	*	öd	**	öd	**	**	**	öd
Yıl (Y)		**			*			**		
VK (%)		9.10	6.28	15.9	7.89	14.56	9.31	13.02	10.36	21.0

\*P<0.05 düzeyinde, \*\* P<0.01 düzeyinde önemli olup aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur.

Yıldırım (2015)'ın ketencikte fosfor dozlarının bin tane ağırlığını etkilemediğine dair tespitleri çalışma bulgularımızı desteklerken, Tunçtürk ve ark. (2019) ketencikte fosfor dozlarının kontrole kıyasla bin tane ağırlığını arttırdığını bildirmiştir.

Tohum verimi üzerine 2014 yılında EZ, P, yıl ve EZ x P interaksiyonunun etkisi %1 seviyesinde önemli bulunurken, 2015 ekim yılında EZ, P ve yılların etkisi %1, EZ x P interaksiyonunun etkisi %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. En fazla tohum verimi 66.5 kg da<sup>-1</sup> ile 2015 yılından, en düşük tohum verimi ise 53.2 kg da<sup>-1</sup> ile 2014 yılından tespit edilmiştir. Deneme yıllarına göre sırasıyla; en fazla tohum verimi 64.0 kg da<sup>-1</sup> ve 73.3 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanından tespit edilmiştir. 2014 yılında en düşük tohum verimi 47.7 kg da<sup>-1</sup> ile ikinci ekim zamanından tespit edilirken, son ekim zamanı ile arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. 2015 yılında en düşük tohum verimi 58.4 kg da<sup>-1</sup> ile son ekim zamanı uygulamalarından tespit edilmiştir. Deneme yıllarının birleşik ortalamasına bakıldığında ekim zamanı ve fosfor dozu uygulamalarının tohum verimi üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunurken, EZ x P uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek tohum verimi 68.7 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanından, en düşük tohum verimi 53.2 kg da<sup>-1</sup> olarak üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Ghanbari-Odivi ve ark. (2013), İran'da 2012 yılında farklı ekim zamanlarının (30 Nisan, 10 Mayıs, 20 Mayıs ve 30 Mayıs) ketende tohum verimi üzerine etkisini belirlemek üzere yürüttükleri bir çalışmada en yüksek tohum verimini 30 Nisan ve 10 Mayıs tarihlerinden 393 ve 366 kg ha<sup>-1</sup> olarak aldıklarını ve geciken ekim zamanına bağlı olarak verimde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Bu bakımdan bulgularımız geciken ekim zamanlarının tohum veriminde düşüşe neden olduğunu belirten araştırıcı bulgularıyla desteklenmiştir. Rokade ve ark. (2015), Hindistan'da en uygun ekim zamanını (7 Ekim, 14 Ekim, 20 Ekim, 25 Ekim, 30 Ekim ve 5 Kasım) belirlemek için yürütmüş oldukları çalışmada en yüksek keten tohumu veriminin 886 kg ha<sup>-1</sup> ile 7 Ekim tarihinde yapılan ekimden alındığını bildirmişlerdir. Menderes (2019), Sarı-85 keten çeşidinde yürüttüğü ekim zamanı (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) çalışmasında ekim zamanlarının tohum verimi üzerindeki etkisi önemli bulunmamış ise de geciken ekimler verimde azalmaya neden olmuş ve tohum veriminin 104.4 ile 122.7 kg da<sup>-1</sup> arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir.

Fosfor uygulamaları bakımından, deneme yıllarına göre, en fazla tohum verimi sırasıyla; 64.0 ve 72.7 kg da<sup>-1</sup> ile 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozundan elde edilmiştir. En düşük tohum verimi her iki yılda da sırasıyla; 48.3 ve 60.4 kg da<sup>-1</sup> ile kontrolden tespit edilirken, 2014 yılında kontrol ile 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor uygulamaları aynı Duncan grubunda yer almıştır. Her iki yılda da EZ x P interaksiyonunda en yüksek tohum verimi sırasıyla; 77.2 kg da<sup>-1</sup> ve 80.7 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanında 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozundan elde edilmiştir. Ancak, 2014 yılında ilk ekim zamanında 4 ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Farklı çalışmalarda; ketende tohum veriminin 48.9-274.7 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Kurt ve ark., 2005; Tanman, 2009; Longkumer ve Singh, 2013; Bolat, 2014; Örs ve Öztürk, 2018; Çöl Keskin ve ark., 2020), ketencikte fosfor uygulamalarının tohum verimini arttırdığına dair tespitleri çalışma sonuçlarımız ile uyumlu iken Tunçtürk ve ark. (2019) ketencikte fosforlu gübrelemenin tohum verimini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Yağ oranı üzerine, 2014 yılında EZ ve yılların etkisi istatistiksel olarak %5 seviyesinde, P ve EZ x P interaksiyonunun etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 2015 yılında yağ oranı üzerine fosfor dozu ile

yılların etkisi %5 seviyesinde önemli bulunurken, ekim zamanı ile EZ x P interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek yağ oranı %30.9 ile 2015 yılından en düşük yağ oranı ise % 28.7 ile 2014 yılından tespit edilmiştir. 2014 yılında en yüksek yağ oranı % 30.7 ile ilk ekim zamanından, en az yağ oranı ise % 28.4 ile ikinci ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ve son ekim zamanı ile arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamaktadır. 2015 yılında ise yağ oranı % 30.2 ile 31.6 arasında değişiklik göstermektedir. Fosfor dozları bakımından 2014 yılında en yüksek yağ oranı % 30.6 ile kontrolden elde edilmiş ve 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu ile aynı grup içerisinde yer almıştır. En az yağ içeriği % 27.0 ile 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozundan elde edilmiştir. EZ x P interaksiyonu bakımından en yüksek yağ içeriği % 32.8 ile ilk ekim zamanında fosforlu gübrelemenin yapılmadığı kontrolden elde edilirken, son ekim zamanında 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamaktadır. 2015 yılında fosfor dozları bakımından en yüksek yağ oranı % 32.6 ile ikinci ekim zamanından elde edilirken, en düşük yağ oranı % 29.8 ile kontrol ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu uygulamalarından elde edilmiştir. Yıllar ortalamasına bakıldığında ekim zamanı uygulamalarının yağ oranı üzerine etkisi önemsiz bulunurken, P ile EZ x P interaksiyonunun etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Fosfor dozu uygulamalarına göre; en yüksek yağ oranı % 31.5 ile 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu uygulamalarından elde edilirken, kontrol uygulamaları ile aralarında istatistiksel farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. EZ x P interaksiyonu bakımından en yüksek yağ oranı % 33.5 olarak ilk ekim zamanında 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozu uygulamalarından elde edilirken, ikinci ekim zamanında 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozu ve üçüncü ekim zamanında 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozu ile aralarında istatistiki olarak farklılık bulunmamaktadır. Arslan ve Bayraktar (2016), aspirde; Yıldırım ve Önder (2016), ketencikte, fosfor uygulamalarının yağ oranını arttırdığını bildirmişlerdir. Farklı çalışmalarda; Gallado ve ark. (2014), ekim zamanı geciktikçe verimde önemli düşmelerin olduğu ancak yağ kompozisyonunun ekim zamanından etkilenmediği belirlenirken, Menderes (2019), yürüttüğü ekim zamanı (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) çalışmasında yağ oranı üzerine ekim zamanlarının önemli etkisinin olduğunu ve geciken ekimlerin yağ oranını azalttığını en yüksek yağ oranının % 41.5 ile ilk ekimlerden aldığını, en az yağ oranını ise % 38.7 ile son ekim zamanından elde ettiğini bildirdiği sonuçlar çalışmamızı kısmen desteklemekte olup yağ oranı daha yüksek bulunmuştur. Farklı çalışmalardan (Ghanbari-Odivi ve ark., 2013; Maurya ve ark., 2017; Umer ve ark., 2017; Menderes, 2019) elde edilen % 26.9 ile % 45.0 arasındaki yağ oranı değerleri çalışma bulgularımızdan genellikle yüksek tespit edilmiştir. Bu durum; çeşit faktörü yanında çevre faktörleri ve farklı ekim zamanı ve fosfor dozu uygulamasının bir sonucu olabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmada, yağ verimi üzerine 2014 deneme yılında fosfor hariç EZ, EZ x P ve yılların etkisi %1 seviyesinde, 2015 deneme yılında EZ, P, EZ x P ve yılların etkisi %1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yağ verimi bakımından her iki deneme yılında da en yüksek değer sırasıyla; 19.4 kg da<sup>-1</sup> ve 22.2 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanı uygulamalarından elde edilmiştir. İkinci deneme yılında ilk ve ikinci ekim zamanı uygulamaları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasına bakıldığında ekim zamanı uygulamalarının yağ verimi üzerine etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunurken, P ile EZ x P uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek yağ verimi 20.8 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanından, en düşük yağ verimi 15.7 kg da<sup>-1</sup> olarak üçüncü ekim zamanından elde edilmiştir. İkinci ekim zamanı ile üçüncü ekim zamanı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Sarı-85 keten çeşidinde yürütülen ekim

zamanı (22 Mart, 29 Mart ve 4 Nisan) çalışmasında, ekim zamanları bakımından önemli farklılıklar oluşmamış ancak geciken ekim zamanı yağ veriminde azalmaya neden olduğunu ve yağ veriminin  $41.4 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $50.9 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişiklik gösterdiğini tespit etmiştir (Menderes, 2019). Çalışmada, 2014 yılında fosfor dozları bakımından yağ verimi  $14.8-16.4 \text{ kg da}^{-1}$  arasında tespit edilirken, 2015 yılında en fazla yağ verimi  $21.6 \text{ kg da}^{-1}$  ile 4 ve  $8 \text{ kg da}^{-1}$  fosfor dozundan, en düşük verim ise  $18.2 \text{ kg da}^{-1}$  ile kontrolden elde edilmiştir. Farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda kontrol ile kıyaslandığında fosfor dozlarının yağ verimini arttırdığına dair tespitleri çalışma sonuçlarımız ile kısmen uyum içerisinde (Imbrea ve ark., 2011; Bolat, 2014).

2014 yılında, EZ x P interaksyonu bakımından en yüksek yağ verimi  $21.2 \text{ kg da}^{-1}$  ile ilk ekim zamanında  $8 \text{ kg da}^{-1}$  fosfor dozundan elde edilirken,  $4 \text{ kg da}^{-1}$  fosfor dozu ile aynı grupta yer almaktadırlar. 2015 yılında EZ x P interaksyonunda en yüksek yağ verimi  $26.0 \text{ kg da}^{-1}$  ile ikinci ekim zamanında  $8 \text{ kg da}^{-1}$  fosfor dozundan tespit edilmiştir.

### Özellikler Arası Korelasyon

Yapılan çalışmada, incelenen parametreler arasındaki ikili ilişkiler ayrı ayrı değerlendirilmiş, elde edilen katsayılar Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde; bitki boyu ile teknik sap uzunluğu ( $rp=0.652$ ), kapsülde tane sayısı ( $rp=0.405$ ), tohum verimi ( $rp=0.374$ ) ve yağ verimi ( $rp=0.341$ ) arasında % 1 seviyesinde pozitif korelasyonun olduğu tespit edilmiştir.

Teknik sap uzunluğu ile yan dal sayısı ( $rp=0.376$ ), kapsülde tane sayısı ( $rp=0.414$ ), tohum verimi ( $rp=0.432$ ) ve yağ verimi ( $rp=0.375$ ) arasında, yan dal sayısı ile kapsül sayısı ( $rp=0.426$ ), kapsülde tane sayısı ( $rp=0.519$ ), bin tane ağırlığı ( $rp=0.431$ ), tohum verimi ( $rp=0.528$ ) ve yağ verimi ( $rp=0.461$ ) arasında, kapsül sayısı ile kapsülde tane sayısı ( $rp=0.503$ ), bin tane ağırlığı ( $rp=0.574$ ), tohum verimi ( $rp=0.752$ ) ve yağ verimi ( $rp=0.492$ ) arasında % 1 düzeyinde pozitif korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kapsülde tane sayısı ile bin tane ağırlığı ( $rp=0.485$ ), tohum ( $rp=0.667$ ) ve yağ ( $rp=0.504$ ) verimi arasında %1 seviyesinde pozitif korelasyonun olduğu Çizelge 4'te görülmektedir. Bin tane ağırlığı ile tohum ( $rp=0.631$ ) ve yağ ( $rp=0.555$ ) verimi arasında %1 düzeyinde pozitif yönde bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Tohum verimi ile yağ verimi arasında katsayısı  $rp=0.645$ , yağ oranı ile yağ verimi arasında katsayısı  $rp=0.658$  olan %1 seviyesinde pozitif korelasyonun olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.** İncelenen karakterler arasındaki ikili ilişkiler

		<b>BB</b>	<b>TSU</b>	<b>YDS</b>	<b>KS</b>	<b>KTS</b>	<b>BTA</b>	<b>TV</b>	<b>YO</b>	<b>YV</b>
BB	<i>rp</i>	1	0.652**	0.078	0.187	0.405**	0.221	0.374**	0.179	0.341**
TSU	<i>rp</i>		1	0.376**	0.208	0.414**	0.187	0.432**	0.093	0.375**
YDS	<i>rp</i>			1	0.426**	0.519**	0.431**	0.528**	0.125	0.461**
KS	<i>rp</i>				1	0.503**	0.574**	0.752**	0.057	0.492**
KTS	<i>rp</i>					1	0.485**	0.667**	0.152	0.504**
BTA	<i>rp</i>						1	0.631**	0.169	0.555**
TV	<i>rp</i>							1	0.037	0.645**
YO	<i>rp</i>								1	0.658**
YV	<i>rp</i>									1

\* 0.05 düzeyinde önemli, \*\* 0.01 düzeyinde önemli (BB: Bitki boyu, TSU: Teknik Sap Uzunluğu, YDS: Yan dal sayısı, KS: Kapsül sayısı, KTS: Kapsülde tohum sayısı, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tohum verimi, YO: Yağ oranı, YV: Yağ verimi).

## Sonuç

Ülkemizin yağ ve protein gereksinimleri göz önüne alınarak, yağlı tohumlu bitkiler en az tahıllar kadar stratejik öneme sahip bir ürün grubudur. Ülkemizde yağlı tohum üretiminin yetersiz olması nedeniyle, ciddi boyutlara ulaşan ham yağ açığının kapatılması, döviz kaybının engellenmesi, işlenmiş yağ gibi katma değeri yüksek ürünlerin ihraç edilmesi ile hem ülkemize döviz kazandırmak hem de çiftçinin gelir seviyesini arttırmak için, yağlı tohumların üretimi konusunda gerekli teşvik ve desteklerin yapılması önemlidir. Lif ve tohumlarından yararlanılan ketenin, lif amaçlı yetiştiriciliği için nispi nemi yüksek, kışları ılık, yazları serin geçen iklimler uygunken, yağlık/tohum amaçlı yetiştiricilikte daha kurak ve sıcak iklimler uygundur. Özellikle Van' ın da yer aldığı Doğu Anadolu gibi kışı sert geçen bölgelerde yazlık olarak tohum ya da yağlık amaçlı yetiştiriciliğinin yapılması mümkündür.

Ayrıca kendisinden sonra gelen kültür bitkisi için de temiz bir tarla toprağı bırakan ketenin tarımsal ve kalite özellikleri üzerine farklı ekim zamanları ile fosforlu gübre dozlarının etkisi incelenmiş ve en yüksek tohum verimi 2014 ve 2015 deneme yıllarında sırasıyla; 77.2 kg da<sup>-1</sup> ve 80.7 kg da<sup>-1</sup> ile ilk ekim zamanında (7-10 Nisan) 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozundan elde edilmiştir. En yüksek yağ verimi 2014 yılında (21.2 kg da<sup>-1</sup>) ilk ekim zamanında ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübresi uygulamalarından elde edilirken, 2015 yılında (26.0 kg da<sup>-1</sup>) ikinci ekim zamanında ve 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübresi uygulamalarından elde edilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; bitki boyu ile teknik sap uzunluğu, kapsülde tane sayısı, tohum verimi ve yağ verimi arasında, tohum verimi ile yağ verimi arasında, yağ oranı ile yağ verimi arasında pozitif korelasyonun olduğu da tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler dikkate alındığında; Van ve çevresi için ketenin en uygun ekim zamanının Nisan başı (7-10 Nisan) ve en uygun fosforlu gübre dozunun 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> olduğu söylenebilir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda keten bitkisi için uygulanan fosforlu gübre dozunun 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> dozundan yüksek bir dozun denemeye alınması ile daha net bir vurgu yapılabilecektir..

## Teşekkür Bilgi Notu

Bu makalede, yayın etiğine uyulduğunu, çalışmanın etik kurul onayı gerektirmediğini, makalenin araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlandığını ve yazarlar arasında çıkar çatışmasının bulunmadığını beyan ederiz.

## Kaynakça

- Anonim, 2020a. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/> (Erişim tarihi: 01 Haziran 2020).
- Anonim 2020b. TÜİK. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&loc> (Erişim tarihi: 01 Haziran 2020).
- Anonim, 2020c. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kayıtları.
- Arıoğlu, H., 2000. *Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 220, Ders Kitapları Yayın No: A-70, Adana, s. 204.
- Arslan, Y. ve Bayraktar, N. 2016. Farklı azot ve fosfor seviyelerinin Ankara ekolojik koşullarında aspir (*Carthamus tinctorious* L.) bitkisinin yağ oranı ve kompozisyonu üzerine etkisi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 13 (3): 65-73.
- Bolat, C. 2014. The effects of different nitrogen and phosphorus doses yield and yield components of false flax (*Camelina sativa*). Master of Science Thesis, Department of Field Crops. Eskisehir Osmangazi Univ. Institute of Science, Eskisehir-Turkey.
- Bozkurt, D. ve Kurt, O. 2007, Keten (*Linum usitatissimum* L.)'in verim ve verim unsurlarına ekim zamanı ve toprak sıcaklığının etkisi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22 (1), 20-25.
- Brohi, A. ve A. Aydeniz, 1994. *Bitki Besleme*. Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak., Yay. No; 4, Tokat, s. 230.
- Çetin, S. H., Öztürk, Ö. 2012. Soyada Farklı Fosfor Dozlarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5 (1): 157-161.
- Çöl-Keskin N., Öztürk, Ö., Endes-Eğribaş, Z. ve Yılmaz, E. 2020. Bazı yağlık keten çeşitlerinde farklı sıra aralıklarının verim ve verim unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniv., Ziraat Fakültesi Dergisi*, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı:109-120.
- Düzgüneş 0., Kesici, t., Koyuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1021. 295-381.
- Endes, Z. 2010. Konya şartlarında bazı yağlık keten (*Linum usitatissimum* L.) çeşit ve populasyonlarında farklı ekim zamanlarının verim ve kalite üzerine etkisinin belirlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- Gallardo M. A., Milisich H. J., Drago S. R. and Gonzalez R. J. 2014. Effect of cultivars and planting date on yield, oil content, and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum* L.). *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy*. Pages: 7.



- Geçit, H.H., Kolsarıcı, Ö., Ekiz, H., Çiftçi, C.Y., Altınok S., Emeklier, H.Y., Sancak, C., İkincikarakaya, S., Sevimay C.S., Adak, M.S. ve H. Kendir, 2018. *Tarla Bitkileri* (Düzeltilmiş Üçüncü Baskı). Ankara Üniv.Ziraat Fak. Yayınları: 1643, Ders Kitabı: 594,ISBN: 978-605-136-365-03. Ankara, 558 s.
- Ghanbari- Odivi A., Safari A., Tahmasebi B. K., Farroki M. and Bahrapour B., 2013. Effect of delaying in sowing date on growth, yield, yield components and oil content of two genotypes of Flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Advances in Environmental Biology*. 7(6): 1014-1018.
- Gill, K. S. 1987. *Linseed*. Publications and Information Division, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. Pages: 386.
- Hakyemez, B. H. 2006. Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.)’de Ekim Zamanlarının Ot ve Tane Verimi Üzerine Etkileri. *Uludağ.Üniv.Zir.Fak.Derg.*, 20 (1): 47-55.
- IBM Corp. (2013) IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. IBM Corp., Armonk, NY.
- Imbrea F., Jurcoane S., Halmajan H., Duda M. and Botos L. 2011. *Camelina sativa*: A new source of vegetal oils. *Romanian Biotechno-logical Letters*, 16(3): 6263- 6270.
- Kara K. 2014. *Lif Bitkileri Yetiştiriciliği ve Islahı*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 239, sayfa: 194-202.
- Karaca, K. 2017. Kurak koşullarda farklı azot ve fosfor dozlarının asperde (*Carthamus tinctorius* L.) verim ve verim öğelerine etkisi. Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Kurt, O., Uysal, H., Demir, A. ve Göre, M. 2015. Samsun ekolojik koşullarında geliştirilen bazı keten (*Linum usitatissimum* L.) hatlarının tarımsal özelliklerinin belirlenmesi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (2), 136-140.
- Konuklugil, B. ve Bahadır, Ö. 2004. Keten (*Linum usitatissimum* L.)’ nin kimyasal bileşikleri ve biyolojik aktiviteleri. *Ankara Ecz. Fak. Dergisi*, 33(1): 63-84.
- Kurt, O., Yılmaz, S. ve Demir, A. 2005. Ketenin verim ve verim unsurları ile ham yağ oranına bitki büyüme düzenleyicisi uygulama zamanı ve azotlu gübre dozu uygulamasının etkileri, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20 (3): 16-22.
- Longkumer, L. T. and Singh, P. L. 2013. Residual effect of sowing dates, nutrient and weed management in rice on growth and yield of succeeding linseed. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 4 (1): 28-33.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press, Inc. London, G.B., p.446.
- Maurya A. C., Raghuveer M., Goswami G. and Kumar S. 2017. Influences of date of sowing on yield attributes and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) varieties under dryland condition in eastern uttar pradesh. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6 (7): 481-487.
- Menderes, H. K. 2019. Keten (*Linum usitatissimum* L.) Bitkisinde farklı ekim zamanlarının verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 51 s.

- Mert, M. 2020. *Lif Bitkileri*. (Güncellenmiş 3. Basım),Yayın no:1734, Fen Bilimleri no:130, ISBN:978-605-320-641-5. Nobel Akademik Yayıncılık, s.271.
- Örs, Ö. ve Öztürk, Ö., 2018. Konya koşullarında yağlık keten (*Linum usitatissimum* L.) çeşitlerinin verim ve bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32 (3), 305-311.
- Rokade B. S., Madane K. T., Jadhav J. D. and Kamble P. S. 2015. Linseed (*Linum usitatissimum* L.) sowing dates, genotypes influence on growth, yield attributes and yield. *International Journal of Agricultural Sciences*. 11 (2): 248-256.
- Sezer, S. 2010. Van koşullarında aspir (*Carthamus tinctorius* L.)' de farklı azot ve fosfor dozlarının verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı.Yüksek Lisans Tezi.
- Tanman, D. 2009. Tekirdağ koşullarında kışlık ekim zamanlarının bazı keten (*Linum usitatissimum* L.) çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Tarıman, M. C. 1950. *Ketenin Lif Bitkisi Olarak Teknolojisi Bakımından Zirai Ve Botanik Temellere Dayanarak Takdiri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 2, s. 295.
- Tunçtürk, M. 2007. Van koşullarında bazı keten (*Linum usitatissimum* L.) çeşitlerinin verim ve bazı verim öğelerinin belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (4): 365-371.
- Tunçtürk, R., Kulaz, H. and Tunçtürk, M. 2019. Effects of different sowing times and phosphorus application on yield and quality of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2): 274-281.
- Umer K. H., Zeenat F., Ahmad W., Ahmad I. and Khan A. V. 2017. Therapeutics, phytochemistry and pharmacology of Alsi (*Linum usitatissimum* L.): An important Unani drug. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5): 377-383.
- Uzun, Z. 1992. Ketende ekim zamanı ve ekim sıklığının verim ve verim öğelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Vollman, J. and I. Rajcan, 2009. *Oil Crops*. Volume 4 ISBN 978-0-387-77593-7 e-ISBN 978-0-387-77594- 4 DOI 10.1007/978-0- 387-77594-4 Springer Dordrecht Heidelberg London New York, p.1-30.
- Yıldırım, U. 2005. Seçilmiş alternatif keten (*Linum usitatissimum* L.) hatlarının verim ve verim öğeleri bakımından karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Tarla Bitkileri A.B.D. Doktora Tezi.
- Yıldırım, H. 2015. Effects of nitrogen and phosphorus doses on some of the yield and quality components in camelina (*Camelina sativa* L.) Crantz). The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University The Degree of Master of Science in Field Crops. Konya, Turkey.
- Yıldırım, H. and Önder, M. 2016. Farklı gübre dozlarının ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisinde bazı verim ve kalite bileşenlerine etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(1): 117-122.



## Böceklerle Mücadelede Nanoteknoloji<sup>A</sup>

Nesrin ORMANOĞLU<sup>1\*</sup>, Mevlüt EMEKÇİ<sup>2</sup>, A. Güray FERİZLİ<sup>3</sup>

**Öz:** Tarımsal üretimde, ürünlerde nicel ve nitel kayıplara neden olan zararlılara karşı yaygın olarak kimyasal mücadele yöntemi kullanılmaktadır. Ancak kullanılan pestisitlerin zararlılarda direnç oluşturmaları, çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle, günümüzde alternatif mücadele yöntemleri araştırılmaktadır. Bu alternatif yöntemlerden biri de 21. yüzyılın devrimi olarak nitelendirilen nanoteknoloji bilimidir. Birçok bilim dalında uygulama alanı bulan nanoteknolojinin, tarımsal üretimdeki problemlerin çözümünde kullanılması ve tarıma entegre edilmesi üzerine son yıllarda kapsamlı araştırmalar yürütülmektedir. Nanoteknoloji sayesinde zararlı, hastalık ve yabancı otlarla mücadelede düşük dozlarda pestisit kullanımı mümkün görünmektedir. Bu nedenle, nanopestisitlerin zararlılarla savaşmada kullanım olanakları ve çevreye olan etkileri konularına özel vurgunun yapıldığı bu derlemede nanoteknolojinin, bitki koruma penceresinden, değişik yönlerine ilişkin bilgi vermek amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, Nanopestisit, Nanoinsektisit, Mücadele, Zararlı.

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Nesrin ORMANOĞLU, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye, [nornormanoglu@gmail.com](mailto:nornormanoglu@gmail.com), [OrcID 0000-0003-2752-4579](https://orcid.org/0000-0003-2752-4579)

<sup>2</sup> Mevlüt EMEKÇİ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye, [Mevlut.Emekci@agri.ankara.edu.tr](mailto:Mevlut.Emekci@agri.ankara.edu.tr), [OrcID 0000-0003-3441-0553](https://orcid.org/0000-0003-3441-0553)

<sup>3</sup> Ahmet Güray FERİZLİ, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye, [Ahmet.G.Ferizli@agri.ankara.edu.tr](mailto:Ahmet.G.Ferizli@agri.ankara.edu.tr), [OrcID 0000-0003-4582-4380](https://orcid.org/0000-0003-4582-4380)

## Nanotechnology for Insect Pests Control

**Abstract:** In agricultural production, chemical control methods are commonly used against insect pests that cause loss of quality and quantity of production. However, alternative pest control methods are being investigated today due to the development of pest resistance to pesticides, and their negative effects on the environment and human health. One of these alternative methods is the science of nanotechnology, which is described as the revolution of the 21st century. Extensive researches have been carried out in recent years on the use of nanotechnology, which has wide applications in many disciplines, to solve problems in agricultural production and to integrate it into agriculture. Through nanotechnology, it seems possible to use low doses of pesticides in the control of pests, diseases and weeds in crop production. Therefore, this review aimed to provide an overview of different aspects of nanotechnology, mostly from the perspective of pest control with special emphasis to the potential efficacy and environmental safety of nanopesticides.

**Keywords:** Nanotechnology, Nanopesticides, Nanoinsecticides, Control, Pest.

### Giriş

Nanoteknoloji, biyoteknolojiden sonra yüzyılın beşinci devrim teknolojisi olarak tanınmaktadır. Tarım, tıp, biyoloji, fizik, kimya, malzeme bilimi, elektronik ve çevre gibi birçok disiplinde geniş uygulama alanı bulmuştur (Chhipa, 2017). Nano ölçekteki küçük boyutlu materyaller, kimyasal bileşimleri, yüzey yapıları, çözünürlükleri ve şekilleri sayesinde elektronik, enerji, tıp ve yaşam bilimleri alanlarında giderek daha fazla kullanılmaktadır (Nel ve ark., 2006). Son yirmi yılda bu alanlarda edinilen bilgiler tarım sektörünün birçok disiplinine de uyarlanmakta; örneğin bitki koruma alanında daha etkili ve güvenli tarım ilaçlarının geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır (Mattos ve ark., 2017; Sun ve ark., 2020).

Tarım, özellikle gıda ve yem endüstrisi için hammadde üretimi sağlamasından dolayı önemli ve değişmez sektörlerden birisidir. Doğal kaynakların sınırlı olması (üretim alanı, su, toprak), dünya nüfusunun hızlı artışı, artan küresel gıda güvenliği riski ve iklim değişikliği gibi gerekçelerle tarımsal faaliyetlerin ekonomik, uygulanabilir, çevreci ve daha verimli duruma getirilmesi zorunluluğu kaçınılmaz olarak tarımsal üretimde yeni teknolojilerin kullanımını gerektirmektedir (Bhagat ve ark., 2013). Son yıllarda da ülkemizde tarımsal savaşta kullanılan birçok etkili maddenin yasaklanmasıyla, tarım alanlarında daha az insektisit birçok zararlıya karşı kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum ise aynı insektisitlerin yoğun kullanımı sonucu zararlılarda direnç oluşumuna neden olmaktadır (Yorulmaz ve Ay, 2010). Son yıllarda tarımsal uygulamalarda nanoteknoloji sayesinde devrim niteliğinde gelişmeler yaşanmaktadır (Scott ve Chen, 2012). Avrupa'da pestisitlerin ruhsatlandırılması ile ilgili son düzenlemeler, kullanımda olan etken madde sayısının %15'e kadar indirilebileceğini göstermektedir (Coelho, 2009). Nanoteknolojinin, bu bağlamda, artan pestisit direnci ve

insan/çevre sağlığı riskleri nedeniyle gereksinim duyulan yeni pestisit formülasyonlarının geliştirilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülebilir.

Nano ön eki, Yunanca'da cüce anlamına gelen 'nanos' sözcüğünden gelmektedir. 'Nano' kelime olarak, bir fiziksel büyüklüğün milyarda biri anlamına gelir (Sürengil ve Kılınc, 2011). Bir nanometre (nm) ise metrenin milyarda birine eşit bir uzunluk birimidir. Bir nanometre içerisine yanyana ancak 2-3 atom dizilebilmektedir. Yaklaşık 100- 1000 atom bir araya gelerek, nano ölçeklerde bir nesneyi oluşturur (Çıracı ve ark., 2005).

Nanoteknoloji kelimesi genellikle 1- 100 nm arasında değişen boyutlardaki malzemeler için kullanılmaktadır. Partikülleri makro boyutlardaki malzemeden farklılaştıran benzersiz özellikler, 100 nm'nin altındaki kritik bir uzunluk ölçeğinde gelişmektedir (Alemán ve ark., 2007). Bunlar; optik, fiziksel dayanıklılık, kimyasal reaktivite, elektriksel iletkenlik ve manyetizma gibi özelliklerdir (Joseph ve Morrison, 2006). Nanopartiküller inorganik, organik veya hibrit karakterli olabilmekte, doğal yollarla veya sentezlenerek üretilebilmektedir. Doğada var olan nanopartiküller, fotokimyasal reaksiyonlar, volkanik patlamalar, orman yangınları, erozyon, bitkiler ve hayvanlar, hatta mikroorganizmalar tarafından üretilebilir (Dahoumane ve ark., 2017). Eğer malzemenin her üç boyutu da 100 nm'den küçükse, bu tür malzemeler nanopartikül, quantum dots, nanoshell, nanoring ve mikrokapsül; sadece iki boyutu 100 nm'den küçükse nanotüp, nanotel ve fiber; sadece bir boyutu 100 nm'den küçükse ince film, katman ve kaplama olarak isimlendirilir (Ersöz ve ark., 2018).

Nanoteknolojinin temeli, atom veya molekülleri hassas bir şekilde tek tek birleştirip, doğadaki atomik dizilimi taklit ederek istenen ürünü elde etme ilkesine dayanmaktadır. Maddeleri birbirinden farklı kılan şey, en küçük birim olan atomların dizilişlerindeki çeşitliliktir (İlyasoğlu ve El, 2010). Nanopartiküller, atomik güçleriyle ilişkili olarak farklı fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklere sahiptir (Ragaei ve Sabry, 2014). Günümüzde maddeyi nanometre seviyesinde işleyerek ve ortaya çıkan değişik özellikleri kullanarak, nano ölçekte, yeni teknolojik aygıt ve malzemeler yapmak mümkün olmaktadır. Örneğin, tarama ve atomik kuvvet mikroskoplarını kullanarak yüzey üzerinde atomları iterek birbirlerinden ayırmak ve istenilen şekilde dizmek mümkün olmaktadır (Özdoğan ve ark., 2006).

Nanoteknoloji 18. ve 19. yüzyıllardan bu yana tıp, gıda, farmakoloji, tekstil, elektronik, ilaç ve tarım alanına kadar bir çok alanda uygulama bulan disiplinler arası bir bilimdir (Saka ve Gülel, 2015; Sangeetha ve ark., 2017). Hızla artan dünya nüfusunun bir sonucu olarak, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gıda tedariki en temel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Sangeetha ve ark., 2017). Nanoteknoloji tarımda bitki ve hayvan ıslahı, bitki hastalıklarının tespiti ve önlenmesi, pestisit kullanımının azaltılması, pestisit ve gübre üretimi, toksik tarım ilaçlarının tespiti gibi alanlarda kullanılmaktadır (Joseph ve Morrison, 2006; Nuruzzaman ve ark., 2016). Yakın bir gelecekte nano yapıdaki katalizörler sayesinde, pestisitlerin daha düşük dozlarda ve daha etkili olarak kullanımı mümkün görünmektedir. Nanoteknoloji ayrıca, alternatif (yenilenebilir) enerji üretimini ve daha etkili filtre ve katalizörlerin geliştirilmesini mümkün kılarak kirlenici maddelerin önlenmesi ve/veya uzaklaştırılması yoluyla çevrenin korunmasına dolaylı yollardan önemli katkılar verecektir (Scott ve Chen, 2013; Demirbilek, 2015).

## Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi

Nano ürünlerin keşfi ve kullanımı antik dönemlere kadar dayanmaktadır ancak bu ürünlerin temel taşı olan nanoparçacıklar ancak 19. yüzyılın ortalarında araştırılmaya başlanmıştır. Nanoteknolojinin gelişmesindeki en büyük adımı Michael Faraday atmıştır. Faraday 1857 yılında, 100 nm'den daha küçük altın nanoparçacıklar içeren sulu kolloidal karışımlar hazırlamayı başarmış ve bu karışımların olağanüstü optik ve elektriksel özelliklere sahip olduğunu belirlemiştir. Bundan kısa bir süre sonra ise 1861 yılında Thomas Graham tarafından "kolloid" (farklı irilikte parçacıklardan oluşan ve en küçük parçacığını nanopartiküllerin oluşturduğu çözelti) terimi kullanılmıştır (Baalousha ve Lead, 2009). Alman bakteriyolog Robert Koch ise 1890 yılında, altınla elde edilen bu nano bileşiklerin bakteri üremesini engellediğini keşfetmiş ve bu çalışmasıyla 1905 yılında Nobel Ödülü almıştır (Pradeep, 2008).

Maddelerin minyatürleştirilmesi kavramı ise ilk kez ünlü fizikçi Richard P. Feynman tarafından kullanılmıştır. Feynman, 1965 yılında kuantum elektrodinamiği sahasında yapmış olduğu çalışmalar nedeniyle Fizik Nobel ödülünü kazanmıştır (Ersöz ve ark., 2018). Araştırmacı, Amerikan Fizik Kurumunun 29 Aralık 1959 tarihindeki yıllık toplantısında "There is Plenty of Room at the Bottom" isimli bir konuşma yapmıştır. Her ne kadar nanoteknoloji kelimesi kullanılmamış olsa da, bu konuşma, nanobilim ve nanoteknoloji çağının başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Keiper, 2003).

Nanoteknoloji terimi ise ilk kez, Tokyo Bilim Üniversitesinde Profesör olan Norio Taniguchi tarafından 1974 tarihli bilimsel bir makalede "Nanoteknoloji, temel olarak materyallerin bir atom veya bir molekül seviyesinde ayrılması, konsolidasyonu ve deformasyonundan oluşur." şeklinde tanımlanmıştır (Taniguchi, 1974; Singh ve ark., 2008; Hulkoti ve Taranath, 2014).

Nanoteknolojinin gelişmesini sağlayan buluş ise, elektron mikroskopuyla görülemeyen atom parçacıklarını 2000 kez büyütme özelliği bulunan ve atomik ölçekte çözünürlük sağlayan Tarama Tünel Mikroskopu'nun (Scanning Tunneling Microscopy) 1981 yılındaki keşfidir. Bu keşif Heinrich Rohrer ve Gerd Karl Binning'e fizik alanında Nobel ödülü kazandırmıştır (Turgut ve ark., 2011).

## Geleneksel Pestisit Formülasyonları

Günümüzde kullanılan pestisitlerin üretimi ve kullanımıyla ilgili temel sınırlama, aktif maddelerinin genellikle suda çözünmeyen bileşiklerden oluşmasıdır (Whitehouse ve Rannard, 2010). Bu çözünebilirlik sorunu, arazi uygulamalarında sorun oluşturmaması için pestisitlere üretim esnasında büyük miktarda organik çözücü eklenmesini gerektirmektedir (Nuruzzaman ve ark., 2016). Kullanılan organik çözücüler pestisitlerin nakliye ve depolama sürecinde alev alma riskini arttırmakta; fitotoksisiteyi teşvik etmekte; su ile seyreltme işleminden sonra stabilitenin düşmesine yol açmakta ve ayrıca uygulayıcılarda dermal toksisiteye neden olabilmektedir (Knowles, 2005).

Pestisit uygulamalarında, aktif bileşenlerinin sıvı fazda dağıtıldığı püskürtme tipi uygulamalar büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu bakımdan maliyeti, temini ve çevreyle uyumluluğu yönüyle en uygun sıvı, sudur (Pratap ve Bhowmick, 2008). Pek çok pestisiti ilgilendiren suda çözünürlük sorununun birinci sebebi, yüksek oranda lipofilik (yağda çözünen) içerikleri nedeniyle bu pestisitlerin su içerisinde çözünmesinin termodinamik açıdan mümkün olmamasıdır. İkinci neden ise bazı durumlarda pestisitlerin güçlü moleküler bağlanma ve katı halde yüksek kafes enerjisine (iyonik katıların bağ enerjisi; 200 °C'nin üstünde bir erime noktası ile temsil edilmektedir) sahip olmasıdır (Yadollahi ve ark., 2015).

Islanabilir toz (WP) ve emülsiyon konsantre (EC) iki ana geleneksel pestisit formülasyonudur. WP, aktif madde, inert dolgu maddeleri ve diğer katkı maddelerinden oluşan öğütülmüş bir pestisit formülasyonudur. WP'deki inorganik dolgu maddeleri kolayca sürüklenip çevreyi kirletmekte ve aktif maddeyi tamamen serbest bırakmamaktadır. EC ise sıvı bir pestisit formülasyonudur. İçerisindeki aktif madde yüksek miktarda organik (petrol türevi) bir çözücü içinde eritilir; emülsiyon edici sayesinde uygulama esnasında su ile karıştırıldığında kararlı bir emülsiyon oluşturulması sağlanır. Bu organik çözücüler toksik özellikleri ile toprak ve su sistemlerini kirletmekte, bitkilerde ve gıda ürünlerinde kalıntılara sebep olarak insan/hayvan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır (Hayles ve ark., 2017). Bu durum, bitki koruma alanında daha ucuz, daha az toksik ve sürdürülebilir alternatif pestisitlerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Pestisit formülasyonu; pestisitün üretimi, uygulanması ve uygulamanın başarısını etkileyen kritik bir faktördür. Geleneksel pestisit formülasyonlarının etkinliğini azaltan ultraviyole ışınlar, yağmur, pH, sıcaklık ve bitki fizyolojisi gibi birçok çevresel etken bulunmaktadır. Ziraat ilaç endüstrisi son yıllarda geleneksel bitki koruma formülasyonlarının yerine mikro ve nanokapsülasyon teknolojilerine dayalı bir üretime ilgi göstermektedir (Kalaitzaki ve ark., 2015). Bitkilerden elde edilen doğal esansiyel yağlar, ekonomik olarak uygun ve bazı durumlarda yüksek aktiviteye sahip ve ayrıca biyolojik olarak parçalanabilir olduklarından, nanoteknolojiyle işlendiğinde zararlılarla mücadelede ciddi alternatifler arasına girmektedir (Silva ve ark., 2008).

## **Nanopestisit Formülasyonları**

Bir pestisit formülasyonu, aktif bileşenler, solventler, yüzey aktif maddeleri ve stabilizatörler gibi çok farklı malzemelerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu malzemeler içerisindeki aktif bileşenler, hedef zararlıyı öldüren/baskılayan ana kısımdır. Organik çözücüler, yüzey aktif maddeler (yayıcı ve yapıştırıcılar) ve dengeleyiciler gibi diğer maddeler çözünürlük ve stabilitenin korunmasını sağlayarak pestisit etkinliğinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır. Geleneksel pestisit formülasyonları özellikleri itibarıyla ya direkt olarak ya da uygulamadan önce -çoğu kez su ile seyreltilerek- çözelti, süspansiyon veya emülsiyon halinde kullanılır (Nuruzzaman ve ark., 2016).

Nanopestisitler, doğrudan nanopartiküller halinde (nanoboyutta aktif madde) veya aktif maddeyi nano taşıyıcı yapılara yükleme şeklinde iki yolla geliştirilebilir (Ghormade ve ark., 2011). Nanopestisitler farklı yapılarda olabildiği gibi (partikül ve misel vb.), içerik yönünden farklı organik (aktif madde, polimer vb.) ve inorganik



bileşenlerden de (metal oksitler vb.) oluşabilmektedir. Nano formülasyonların amacı; aktif bileşenlerin çözünürlüğünün artırılması, etken maddenin yavaş/ kontrollü salınımının sağlanması ve erken bozunmaya karşı korunmasıdır (Ragaei ve Sabry, 2014). Nanoformülasyonlar aktif maddenin salım profilinin kontrol edilmesini sağlayarak, çevreye pestisit taşınım riskini azaltmaktadır. Ayrıca ürünün korunması için yeterli miktarda aktif madde salımı gerçekleştikten sonra pestisit kalıntılarının parçalanması için nanoformülasyonun katalizör özellikleri de geliştirilebilmektedir (Kumar ve ark., 2019).

Nanoformülasyonlar, polimer bazlı formülasyonlar, lipit bazlı formülasyonlar, nanoboyutta metaller ve metal oksitler, kil bazlı nanomateryaller, silika nanopartiküller gibi nanotaşıyıcının kimyasal yapısına göre farklı kategorilere ayrılabilir. Ayrıca nanopartiküller, nanokapsüller, nanoküreler, miseller, nanojeller, nanolifler, nanolipozomlar, katı lipit nanopartiküller vb. gibi farklı bağlara sahip yapı ve morfolojilere sahip olabilmektedirler (Balaure ve ark., 2017).

Günümüzde yapılan çalışmalarla, mevcut ticari pestisitlerin dezavantajlarını önlemek için mikro emülsiyonlar, nanoemülsiyonlar ve nanosüspansiyonlar gibi çeşitli nanokapsül pestisit formülasyonları geliştirilmektedir. Nanoteknoloji kullanılarak formüle edilen pestisitler, mikrokapsülmeden çok daha iyi bir potansiyele sahiptir (Nuruzzaman ve ark., 2016).

## Nanoemülsiyon ve Nanodispersiyon Pestisitler

Nanoemülsiyonlar, yüksek kinetik stabilite, düşük viskozite ve optik şeffaflık özellikleri sayesinde birçok endüstriyel alanda başarılı şekilde uygulanmaktadır (Wu ve ark., 2001). Nanoemülsiyon formülasyonlar, pestisit suda nano damlacıklar halinde dağıldığı ve yüzey aktif maddelerinin pestisit-su ara yüzünde lokalize olduğu su içinde yağ (O/W) emülsiyonlarıdır. Kullanılan yüzey aktif madde miktarına ve türüne bağlı olarak, nanoemülsiyonlar ya termodinamik ya da kinetik bakımdan stabil olarak sınıflandırılmaktadır. (Hayles ve ark., 2017). Nanoemülsiyonlar, çökelme ve kremleşmeye karşı stabilite sağlayan küçük damlacık boyutu, şeffaf ve yarı saydam optik özellikleri sayesinde geleneksel emülsiyonlara kıyasla avantajlara sahiptir (Shah ve ark., 2016).

Nanodispersiyonlarda ise pestisit, su içinde katı nano tanecikler halinde dağılmaktadır. Nanodispersiyonlar "Nanosüspansiyon" olarak ta tanımlanır (Kah ve ark., 2013). Bu teknoloji, suda az çözünür katı pestisitlerin (toz, nanokapsüller vb.) sulu ortam içerisinde dağılımını kolaylaştırır. Böylece pestisitlerin biyolojik etkinliği artırılmış olur (Nuruzzaman ve ark., 2016). Suda dağılılabılır nanopermetrin formülasyonunun *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae)'a karşı larvisidal özelliğinin araştırıldığı bir çalışmada geleneksel makropermetrinin LC<sub>50</sub> değeri 0,715 mg/l olarak bulunurken; nanopermetrinin LC<sub>50</sub> değeri çok daha düşük 0,117 mg/l olarak bulunmuştur. Öte yandan, nanopermetrin uygulamasından 6 saat sonra mutlak ölüme ulaşılırken; makropermetrinde 24 saatten sonra bile %100 ölüm gerçekleşmemiştir (Anjali ve ark., 2010).

## Biyolojik Etkinlik

Nanodispersiyon ve nanoemülsiyon pestisit formülasyonları, biyoyararlılık açısından değerlendirildiğinde oldukça etkili oldukları görülmektedir. Küçük partikül boyutu sayesinde pestisit, böcek kütikulası ve bitki yüzeyine daha iyi nüfuz ettiği tespit edilmiştir (Tadros ve ark., 2004; Zhao ve ark., 2017).

Neem bitkisi (*Azadirachta indica*) nanoemülsiyonunun *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) larvasına karşı etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, damlacık boyutunun, insektisit etkinliği üzerinde fark yarattığı gözlenmiştir. Bu farkın damlacık boyutundaki azalma, dolayısıyla da yüzey artışı sayesinde, insektisit larvada birikim miktarının artmasından kaynaklandığı varsayılmaktadır. Böylece nanoemülsiyonun öldürücü etkinliğinin de arttığı gözlenmiştir (Anjali ve ark., 2012). Neem bitkisinin yağının kullanıldığı başka bir çalışmada, nanoemülsiyonlarının uyuz hastalığına neden olan *Sarcoptes scabiei* var. *cuniculi* (Acari: Sarcoptidae) akarı üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. Nanoemülsiyonun, makro neem yağı emülsiyonlarına, sıvı parafindeki neem yağı çözeltilerine ve şahit uygulamalarına kıyasla daha hızlı bir şekilde öldürücü etki gösterdiği gözlenmiştir (Xu ve ark., 2010). Piretrin 36-37 nm çapındaki nanoemülsiyonunun *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) yaprak bitine karşı etkinliğinin araştırıldığı diğer bir çalışmada ise, piretrin su içinde yağ (O/W) nanoemülsiyonunun ticari makroemülsiyonuna kıyasla daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Kalaitzaki ve ark., 2015).

## Geliştirilmiş Stabilité

Birçok sentetik pestisit çeşitli mekanizmaların neden olduğu bozunmaya karşı duyarlıdır. Su içerisindeki pestisit en önemli bozunma yollarından biri, pestisit su içindeki  $H_3O^+$  ve  $OH^-$  iyonlarıyla reaksiyona girerek oldukça düşük biyoaktiviteye sahip bir moleküle dönüştüğü abiyotik hidroliz olayıdır. Kimyasal pestisitlerin O/W nanoemülsiyon formülasyonu hidroliz ve bozunmayı sınırlayabilmektedir (Katagi, 2002). Song ve ark. (2009), insektisit-akarisit özelliği olan triazophosun nanoemülsiyonunun, belirli sıcaklık ve pH koşullarında ayrışma (dekompozite) hızını ticari formülasyonu ile karşılaştırmışlardır. 25-45 °C sıcaklık ve 5-9 pH aralığında parçalanma hızlarının nanoemülsiyonlarda daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (Song ve ark., 2009).

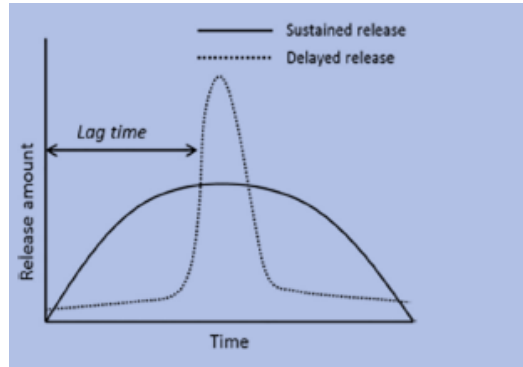
Kolloidal formülasyonlar ayrıca pestisitlerin UV ışınlarına maruz kalmasından kaynaklanan ışınal bozunuma (fotodegradasyon) karşı stabilize etmek için kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada deltametrinin lipidlerle (mısıryağı ve balmumu gibi) birleştirilerek kolloide dönüştürülmesinin ardından 12 saat UV ışığına maruz kalma sonrasında fotostabilitesinin 1,8 kat artışıyla, ışınal bozunumdan orta derecede korunduğu bildirilmiştir (Nguyen ve ark., 2012a; Nguyen ve ark., 2012b).

## Kontrollü Salım Sistemleri ve Nanotaşıyıcılar

Nanotaşıyıcılar pestisitlerin yüksek sıcaklık ve radyasyon gibi zorlu ortam koşullarına karşı korunması ve kimyasal stabilitelerinin önemli ölçüde artırılması için kullanılan sistemlerdir. Nanotaşıyıcılar ve nanoenkapsülasyonun ana işlevi, aktif maddenin hedef organizmaya ulaşmadan önce salımını önlemek, aktif maddenin hedeflenen bitki dokularında çözünürlüğünü ve tutunma gücünü arttırmak, aktif maddenin ortama salımını değiştirmek veya kontrol altına almaktır. Kontrollü salım sistemleri; (1) zamansal kontrollü salım, (2) mekan hedefli salım, (3) pestisit hedef zararlıya ulaşmasındaki biyolojik engelleri ortadan kaldırmak için düzenlenmiş taşıyıcı sistemler kullanılarak yapılan salım olmak üzere üç farklı şekilde uygulanabilmektedir (Kumar ve ark., 2019).

Geleneksel pestisit formülasyonlarında, uygulamadan kısa bir süre sonra aktif maddenin salımı gerçekleşir. Sonuç olarak, aktif madde miktarı pestisit sisteminde hızlı bir şekilde azalır. Bu yüzden etkileri kısa sürelidir ve "hızlı salım sistemleri" olarak adlandırılabilirler. Sonuç olarak, etkin zararlı savaşımı için gerekli olan optimum kullanılabilirlik sürelerini korumak, tekrarlanan uygulamalar gerektirir.

Nanokapsüllenmiş pestisitlerde ise kapsülleme malzemelerinden biyoaktif bileşenlerin salımı iki farklı yolla gerçekleşir: Sürekli salım ve gecikmeli salım. Sürekli salım, nano kapsülleme malzemelerinin, aktif bileşenlerin sürekli salınması için tasarlandığı bir mekanizmadır. Bu sistemde yarılanma süresi ( $t_{1/2}$ ) ve aktif maddelerin optimum kullanılabilirlik süreleri uzatılır. Sonuç olarak, nano kapsüllenmiş pestisitler zararlıları daha uzun süre baskılayabilir (Şekil 1) (Nuruzzaman ve ark., 2016).



**Şekil 1.** Nanokapsülleme malzemelerinden aktif bileşenlerin serbest bırakılması (Nuruzzaman ve ark., 2016)

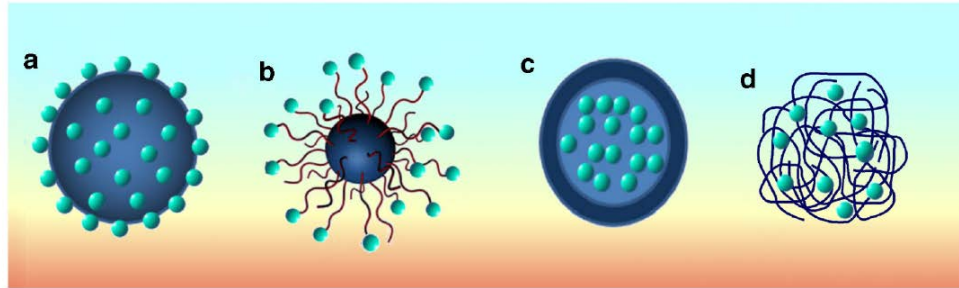
Lai ve ark. (2006), pelin ağacı (*Artemisia arborescens*) esansiyel yağının lipid nanodispersiyonlarının (200-300 nm), esansiyel yağın makroemülsiyonlarına kıyasla önemli ölçüde daha yavaş buharlaşmasını sağladığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, farklı yüzey aktif maddelerinin kullanımıyla farklı salım hızları gözlemlemişlerdir (Lai ve ark., 2006). Başka bir çalışmada ise Yang ve ark. (2009), un biti, *Tribolium castaneum* Herbst' a karşı sarımsak (*Allium sativum*) esansiyel yağı yüklü lipid nanodispersiyonlarının (<240 nm) uzun süreli böcek öldürücü etkisini araştırmışlardır. Ergin *T. castaneum*' a nanodispersiyon etkinliğinin 5 ay sonra bile

%80' in üzerinde kaldığını tespit etmişler; bunun da esansiyel yağların nanopartiküllerden yavaş salımı ile sağlandığını ileri sürmüşlerdir. Bunun aksine, sarımsağın makroesansiyel yağının aynı konsantrasyon ve süredeki etkinliği sadece %11 olarak hesaplanmıştır (Yang ve ark., 2009).

## Polimer Bazlı Nanopestisitler

Polimer bazlı nanoformülasyonların çoğu, aktif bileşenlerin kontrollü salımıyla ilgilidir (Kah ve Hofmann, 2014). Aktif madde moleküllerinin kontrollü ve yavaş salımı, nano taşıyıcının bozunma özelliklerine, aktif maddenin bağlandığı materyale ve çevre koşullarına bağlı olarak gerçekleştirilebilir (Chen ve Yada, 2011). Çevre koruma bilincinin artmasıyla birlikte, giderek daha fazla doğal veya sentetik kökenli polimerler, insektisitlerin nano taşıyıcıları olarak kullanılmaktadır (Sun ve ark., 2020).

Pestisitler, nanopolimerik kabuğun içine kapsülleme, nanoparçacık yüzeyine absorpsiyon, nanoparçacık çekirdeğine ligandlar vasıtasıyla tutturma veya polimerik matris içine hapsedme yoluyla nano taşıyıcı sistemlere yüklenir (Şekil 2). Nanoemülsiyonlar, nanokapsüller, nanoküreler, nanosüspansiyonlar, katı lipit nanopartiküller, mezopor nanopartiküller ve nano tabakalar olmak üzere çeşitli formülasyon tipleri geliştirilmiştir (Zhao ve ark., 2017). Bu teknolojinin yarar sağlayan yönü, farklı etki biçimlerine sahip birden fazla pestisit hazırlanması, biyoyoumluluk ve biyobozunurluk dahil karmaşık ilaç dağıtım sistemleri tasarlama esnekliğine dayanmaktadır (Hayles ve ark., 2017).



**Şekil 2.** Etken maddenin nano taşıyıcı sistemlere yüklenme yöntemleri a) nanoparçacık yüzeyine adsorpsiyon b) Nanoarçacık çekirdeğine ligandlar vasıtasıyla tutturma c) Polimerik kabuğun içine kapsülleme d) Polimerik matris içine hapsedme (Athanasios ve ark., 2018)

## Nanokapsüller

Nanokapsül, polimerik zardan oluşan ve iç kısmında likit halde nanoboyuttaki aktif maddeyi barındıran kesemsi yapılardır. Nanokapsül yapısı, kabuğun bir polimerik membran veya kaplamadan oluştuğu, çekirdek-kabuk düzenlemesinden meydana gelir (Iavicoli ve ark., 2017). Bu kabuk genellikle doğal veya sentetik biyobozunur

(biyolojik ajanların etkinliğinde (bakteri,mantar veya alg gibi) bozunarak doğadaki döngüye katılabilen) polimerlerden oluşmaktadır; polilaktik asit (PLA), poly-ε-caprolactone (PCL), polilaktik-ko-glikolik asit (PLGA), poliglikolik asit (PGA), polietilen glikol (PEG), kitosan, selüloz, alginat vb. (Cao ve ark., 2008; Sun ve ark., 2020). Bu polimerik kabuk doğada yavaşça bozunarak, UV ışınları ve toprak bozunumu gibi çevre şartlarına duyarlı olan bileşiklerin kimyasal stabilitesini artırır (Zhao ve ark., 2017).

## Nanomiseller

Nanomiseller, pestisitleri kapsüllemeye kullanılan ideal sistemlerden biridir. Nanomiseller dış ortam tarafından uyarılabilir. Böylece kimyasal ve fiziksel özelliklerinde gerekli değişimleri yapabilirler. Örneğin, hidrojen bağlayan çapraz bağlı nanomisellerin temelinde çevresel olarak duyarlı bir kontrollü salım mekanizması yatmaktadır. Yüksek sıcaklık ve nem koşullarında hidrojen bağı kırılır, nanomiseller şişer ve aktif maddenin salımı gerçekleşir. Diğer bir deyişle, düşük sıcaklık ve nem koşullarında aktif maddenin salımı engellenmiş olur (Li ve ark., 2009).

Loha ve ark.(2012), tohum böceği *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)'a karşı PEG ile kapsüllenmiş nanomisel β-cyfluthrin formülasyonlarının zararlı üzerindeki etkinliğini belirlemek üzere çalışma yürütmüşlerdir. Farklı konsantrasyonlara kullanılan polimerler (3a-3d) ve makro β-cyfluthrinin (ticari SC), 3. ve 10. gün EC<sub>50</sub> değerlerinin sıralaması, ticari SC < 3d < 3c < 3b < 3a; 14., 21. ve 30. gün EC<sub>50</sub> değerlerinin sıralaması, 3d < 3c < 3b < 3a < ticari SC olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde nanoformülasyonların kontrollü salım nedeniyle etki süresinin, ticari formülasyona göre daha uzun olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle araştırmacılar bu formülasyonların bir defalık uygulama ile hedef zararlıları baskı altına almada yeterli olabileceğini öne sürmektedirler (Loha ve ark., 2012).

Pankaj ve ark.(2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise insektisit-nematisit olan carbofuranın nanomisel formunun, kök ur nematodu *Meloidogyne incognita* (Kofoid&White) Chitwood (Rhabditida: Meloidogynidae) üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda polimer kullanılarak kapsüllenen carbofuran ve ticari formülasyonunun (SC) bir beher içindeki 5,10 ve 20 ppm'lik konsantrasyonlarına, domates fidelerinin kökleri 20 dk süreyle daldırılmış ve toprağa ekimi yapılmıştır. Daha sonra hazırlanan nematod süspansiyonu bitkilerin kök bölgesine denk gelecek şekilde dökülmüştür. Nanoformülasyon uygulaması yapılan bitki köklerinde oluşan gal sayısının, kontrol uygulaması ile kıyaslandığında oldukça az olduğu gözlenmiştir. Nanoformülasyonların dişi nematodların gelişimini yavaşlattığı ve ticari formülasyona kıyasla etki süresinin daha uzun olduğu tespit edilmiştir (Pankaj ve ark., 2012).

## Nanojeller

Polimerik nanojeller (hidrojel nanoparçacıkları), hidrofilik grupların varlığından dolayı büyük miktarlarda su emen çapraz bağlanmış küçük polimerik parçalardır (Gonçalves ve ark., 2010). Bhagat ve ark. (2013), meyve

sineklerinden *Bactrocera dorsalis* Hendel'e (Diptera: Tephritidae) karşı feromon nanojelin etkinliği üzerine çalışma yürütmüşlerdir. Havaya, suya ve güneş ışığına maruz kalan feromonun etkinliğini korumak için metil öjenol (ME)'ün nanojelinini hazırlamışlardır. Feromonlar uçucu yapıları nedeniyle, çevre koşullarına bağlı olarak ayrışmaya yatkın bileşiklerdir. Bu çalışma sonucunda, ME ile hazırlanan nanojelin kontrollü salımı kolaylaştırdığı ve feromonun raf ömrünü de uzattığı gözlemlenmiştir. 50 °C sıcaklıkta ME 3 hafta içinde buharlaşırken, nanojel yaklaşık 30 hafta etkinliğini sürdürmüştür (Bhagat ve ark., 2013).

Başka bir çalışmada, pesisit özelliği olan *Cuminum cyminum* (Kimyon) esansiyel yağı, miristik asit-kitosan nanojeline yüklenmiştir. Depolanmış tahıllarda zararlı *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) ve *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. (Coleoptera: Tenebrionidae)'a karşı 24 saat süreli makro esansiyel yağ uygulamasında %18 oranında ölüm elde edilirken; yağ yüklü nanojeller ile yapılan uygulamalarda %97 oranında ölüme ulaşılmıştır. Ayrıca yağ yüklü nanojeller 10 gün boyunca yapılan depolamadan sonra %54 oranında ölüme neden olurken, makro yağda 4 gün sonra ölüm oranı %9'a düşmüştür (Ziaee ve ark., 2014a). Geniş spektrumlu bir insektisit olan permetrin, tekstil ürünlerinin böceklere karşı korunmasında sikoldekstrin nanojel ile kompleks hale getirilmiştir. Kompleks olmayan aktif madde ile kıyaslandığında kompleks permetrinin ışınal bozunumunda azalma gözlenirken, biyolojik etkinliğinin de korunduğu tespit edilmiştir (Kettel ve ark., 2014).

Ziaee ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, kendiliğinden birleşme yöntemiyle sentezlenen miristik asit-kitosan kompleksine *Carum copticum* (Anason) esansiyel yağı yüklenmiştir. Yağ yüklü nanojelin *S. granarius* ve *T. confusum* erginlerinde neden olduğu ölümler 3, 6, 10, 24 ve 48 saatlik uygulamalarda konsantrasyona bağlı olarak artmış; ayrıca yağ yüklü nanojellerin fümigant toksisitesi 48 saat sonra bile makro yağdan önemli derecede fazla olmuştur. Bulgulara göre yağ yüklü nanojellerin *S. granarius* ve *T. confusum*'a karşı makro yağdan sırasıyla 8.9 ve 3.7 kat daha öldürücü olduğu tespit edilmiştir (Ziaee ve ark., 2014b).

## Nanosferler

Nanosferler, aktif maddenin polimerik matris içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı ve gömüldüğü aktif nano-taşıyıcı sistemlerdir. Nanosferler, organik polimer malzemeden veya aktif karbon, metal olmayan oksitler ve gözenekli içi boş silika gibi inorganik mezoporlardan oluşmaktadır. Nanosferler yüksek ilaç yükleme kapasitesine sahiptir (Li ve ark., 2007; Polshettiwar ve ark., 2010). Gözenekli içi boş silika nanopartiküllerinin, yarılanma ömrü kısa olan avermektini, UV bozunumundan koruduğu ve 30 gün boyunca yavaş olarak salımını sağladığı tespit edilmiştir (Li ve ark., 2007).

Başka bir çalışmada, *Zanthocylum riedelianum* meyvesinden elde edilen esansiyel yağ, nanosfer taşıyıcı olarak PCL kullanılmasıyla kapsüllenmiş ve beyazsinek *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) üzerindeki etkinliği değerlendirilmiştir. Nanokapsüllenmiş esansiyel yağ ultraviyole ışığa maruz kaldığında yaklaşık %43'ü bozunmaya uğrarken, makroesansiyel yağın %76'sı bozunmaya uğramıştır. Makro ve nanoesansiyel yağın beyazsineğin ikinci dönem larvalarını sırasıyla %91,23 ve %82,87 oranında öldürdüğü hesaplanmıştır.

Araştırmacılar nano esansiyel yağın, makro esansiyel yağa göre daha düşük öldürücü etkinlik göstermesine karşın, kapsüllemeye kullanılan polimer sayesinde ışınımsal bozunmaya karşı sağlanan korumanın büyük bir avantaj sunduğunu öne sürmüşlerdir (Pereira ve ark., 2018).

## Lipid Bazlı Nanopestisitler

### Nanolipozomlar

Nanolipozomlar, iç kısımda sulu bir boşluğu çevreleyen çift fosfolipid tabakasından oluşan veziküler yapılardır (Balaure ve ark., 2017). Yapılan bir çalışmada, ülkemizde tespih ağacı olarak bilinen *Melia azedarach* (Sapindales: Meliaceae) bitkisinin yaprak ekstraktları nanolipozomlarla kapsülленerek beyaz sinek *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) ve yaprak biti *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) üzerindeki böcek öldürücü etkinlikleri değerlendirilmiştir. Kontrol grubunda nanokapsülasyon işlemine tabi tutulmayan yaprak ekstraktları kullanılmıştır. Elde edilen veriler şahit uygulamalarıyla kıyaslandığında nanokapsülленmiş *M. azedarach* özütünün zararlıları kontrol etmede yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Khoshraftar ve ark., 2020).

### Katı Lipid Nanopartiküller

Katı lipid nanopartiküller, su içerisinde yağ partiküllerinin dağılmasıyla oluşan, yüksek erime noktasına sahip küresel nano yapılardır (Balaure ve ark., 2017). Kır nanesi olarak bilinen *Ziziphora clinopodioidler* (Lamiaceae) bitkisinin esansiyel yağının, katı lipid nanopartiküllere yüklenmesiyle elde edilen formülasyonun *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) üzerindeki etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, fumigant toksisite sonuçlarının LC<sub>50</sub> değerleri katı lipid nanopartikül ve saf uçucu yağ için sırasıyla 30, 602 ve 68,303 µL L<sup>-1</sup> hava olarak bulunmuş ve nanoformülasyonun toksisite etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. **Kalıcı etkinlik deneme sonuçları değerlendirildiğinde ise katı lipid nanopartikül formülasyonu 14 gün süresince etkili olurken, saf yağın 8. günden sonra toksisitesini kaybettiği gözlenmiştir** (Hosseinpour Jajarm ve ark., 2020).

### Katı Nanoparçacıklı Pestisitler

#### İnert Tozlar

Silika, alümina (alüminyum oksit) ve kil gibi inert tozlar hem sorpsiyon hem de böcek kütikulasında aşınmaya sebep olarak etkili olmaktadır. Kütikulada meydana gelen hasar, böceklerin su kaybetmesine ve kuruma nedeniyle ölmesine neden olmaktadır. Etki şekli fiziksel olduğu için böceklerin direnç geliştirme olasılığının



düşük olduğu bir mücadele şeklidir (Shah ve Khan, 2014). Bitki yaprak ve gövde yüzeyine uygulandığında, silika nanopartiküllerinin çeşitli tarla ve bahçe bitkilerinde solunum veya fotosentezi etkilemediği gözlenmiştir. Böcek trakelerinde gen ekspresyonunun değişmesine yol açmaması nedeniyle nanobiyopestisit olarak onaylanmaya hak kazanmıştır. Ayrıca amorf silikanın kullanımı, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından insanlar için güvenli olarak kabul edilmektedir (Hayles ve ark., 2017).

Fosilleşmiş fitoplanktonların değişimiyle meydana gelen amorf silikadan oluşan yapılar diyatom toprağı olarak bilinmekte ve depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Diyatom toprağının dezavantajı, tahılların depolanması ve bazı kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkilere neden olan yüksek dozlarda uygulama gerektirmesidir. Son yıllarda diğer insektisitlerle birlikte formüle edilerek diyatomların düşük dozlarda kullanımına yönelik girişimler söz konusudur. Örneğin, *Celastrus angulatus* (Celastraceae) bitkisinden elde edilen bitterbarkomycin ekstraktı ile diyatom toprağı karışımının etkinliği depolanmış tahılların önemli zararlısı *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae)'ya karşı değerlendirilmiş ve normalde 400-1000 ppm arasında kullanılan diyatomun, 150 ppm'de dahi etkili olduğu tespit edilmiştir (Athanassiou ve ark., 2008).

Stadler ve arkadaşları 2010 yılında, iki depolanmış tahıl zararlısı *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) ve *R. dominica*'ya karşı etkili bir insektisit olarak nanoyapılı alüminanın kullanılabilirliğini sunmuşlardır (Stadler ve ark., 2010). Ayrıca 2012 yılında yürüttükleri bir çalışmada da nanopartiküllü alüminanın etkinliğinin, önde gelen bir ticari diyatom toprağı olan Protect-It®'den daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar partikül büyüklüğü ve yüzey alanının insektisit etkinliğini belirleyen önemli faktörler olduğunu göstermiştir (Stadler ve ark., 2012).

## Metal Nanopartiküller

Metal nanopartiküllerin üç biyosidal etki şekli vardır. Bunlardan ilki, fotokataliz yoluyla antimikrobiyal aktivite; diğer bir deyişle absorbe edilen ışınların, önemli moleküler yapıları okside etmesi sonucunda bakteriyel, fungal ve viral organizmalarda ölüme sebep olan süperoksit radikallerin salınımına yol açmasıdır. İkincisi ise hücre zarında birikme, dağılma, zarın hasarlandırılması yoluyla hücre içeriğinin serbest kalmasına neden olmasıdır. Üçüncü etki şekli ise metalik iyonların hücrelere alımı ile DNA replikasyonunun bozulmasıdır (Chatterjee ve ark., 2014).

Yapılan bir çalışmada *S. oryzae*'ye karşı alüminyum oksit, titanyum dioksit ve çinko oksit gibi farklı oksit nanoparçacıklarının böcek öldürücü etkinlikleri değerlendirilmiştir. Nanoalüminyum oksit 1ppm dozda *S. oryzae* erginlerinde 4 günün sonunda %90'ın üzerinde ölüme neden olurken; nano çinko oksit ve titanyum dioksitte %90'lık ölüm oranına 2 ppm konsantrasyonda 14 gün sonunda ulaşıldığı gözlenmiştir. Tüm uygulamalarda nanobileşikler, makrobileşiklere kıyasla önemli ölçüde daha etkili bulunmuştur. Nanobileşikli uygulamalardan yaklaşık 2 ay sonra bile depolanmış pirinçte *S. oryzae*'nin üründe zararına dair olumsuz bir gelişme gözlenmemiştir (Das ve ark., 2019).

## Nanoyapıların Toksikitesi ve Çevreye Etkileri

Nanopartiküllerin özgün fiziksel ve kimyasal özellikleri, tarım ürünleri ve ekosistem üzerinde öngörülemeyen bazı olumsuz etkilere neden olabilir (Service, 2003). Genel kaygı bazı nanoparçacıkların veya nanoyapılı malzemelerin, insan sağlığını ve ekosistem dengesini tehdit eden yeni bir kirletici kaynakları sınıfı haline gelerek çevresel sistemler ve besin zincirine karışmasıdır. Bununla birlikte, tarım arazileri birçok etkileyici faktöre sahip olan açık ve karmaşık bir sistem olduğundan, çeşitli ortamlardaki nanoformülasyonların çevresel konsantrasyonunu ölçen gerçek veriler azdır (Bai ve ark., 2009). Araştırmacılar nanomalzemelerin, parçacık büyüklüğü, topaklanma (aglomerasyon) durumu, şekli, kristal yapısı, kimyasal bileşimi, gözeneklilik durumu, yüzey alanı ve yüzey kimyası gibi fiziko-kimyasal özelliklerinin, toksisitenin anlaşılmasında önemli olduğunu belirtmişlerdir (Oberdörster, 2004; Oberdörster ve ark., 2005).

Nanotaşıyıcıların olası olumsuz etkilerinden biri de, aktif maddenin taşınımını kolaylaştırması olabilir. Hedef organizmanın alımını arttırdığını gösteren birçok çalışma söz konusudur. Bu durumun hedef dışı organizmaların alımını arttırmadan gerçekleşmesi önemlidir (Hayles ve ark., 2017). Son zamanlarda yapılan araştırmalarda, doğal olarak parçalanabilen polimerlere, polisakaritlere veya lipitlere dayanan taşıyıcılara odaklanılmaktadır; zira, bu taşıyıcılar doğada daha az zehirli ürünlere dönüşmektedir (Kah ve Hofmann, 2014).

Nanopartiküllerin toksikolojik etkilerini, çevresel davranışlarını ve farmakokinetiğini araştırmak, nanopartiküller ile bitkiler arasındaki etkileşim mekanizmasını incelemek ve bunların tarımsal ürünlerin kalitesi ve güvenliği üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek, nanopestisitlerin geliştirilmesi ve tarımda nanoteknoloji kullanımının sürdürülebilir bir şekilde uygulanması için önemlidir (Zhao ve ark., 2017).

Nanoteknolojinin tozlaşmada önemli olan polinatörler üzerindeki etkileri, yeterli veri olmadığından, daha çok varsayımlar üzerinden tartışılmaktadır. Zararlı böceklerin mücadelesinde 1970'li yıllarda mikrokapsül teknolojiyle üretilen metil paration (PennCap M) piyasaya sürülmüştür. Metil paration arılar için esasen oldukça zehirli bir bileşiktir ve yaklaşık polenlerle aynı boyutlarda olan mikrokapsüllerin arılara elektrostatik olarak yapıştığı ve geleneksel insektisitlere kıyasla aktif maddenin, kovanda depolanan polenlerde ve arazide daha uzun süre kaldığı tespit edilmiştir (Burgett ve Fisher, 1980). Nanopartiküllerin boyutu ise mikrokapsüllerden daha küçük olduğundan, bu durum arılar için riski arttıracak faktörlerden birisi olarak değerlendirilebilir (Hooven ve ark., 2019). Tozlayıcılar polen çekme özellikleri nedeniyle, bitki yüzeylerinde ve atmosferde bulunan damlacık ve parçacıkların tutunması için daha büyük afiniteye sahiptir (Negri ve ark., 2015). Kontrollü salım özellikleri, arıların nanoinsektisitlere hemen maruz kalmasını önleyeceğini düşündürsede; kovana taşınan partiküller koloni için gecikmiş risklere yol açabilir (Hooven ve ark., 2019). Geleneksel pestisitler hidrofobik özellikleri nedeniyle balmumunda birikebildiğinden kovanlarda kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Suda çözünecek şekilde formüle edilen nanopestisitlere, arıların, balmumu üzerinden maruz kalma riskinin düşük olduğu varsayılmakla birlikte (Fischer ve Moriarty, 2011), toksiko-kinetik davranışlarının geleneksel hidrofobik pestisitlerden farklı olması nedeniyle nanopestisitlerin kovan içindeki etkilerini tahmin etmek zorlaşabilir. Bu durum arı kolonilerinin, etken maddenin gecikmeli salım özelliklerinden ötürü, kronik nanopestisit zararına uğramasına sebep olabilir (Hooven ve ark., 2019). Bir diğer varsayım ise nanopartiküllerin, solvent kullanımını

ve kullanılan aktif madde miktarını azaltarak, sürüklenme yoluyla tozlaştırıcılara yönelik pestisit maruziyeti riskini dolaylı olarak azaltabileceği yönündedir. Daha az kararlı olan bileşiklerin yarılanma ömrünü uzatarak, daha az toksik daha hedefe odaklı yaklaşımların uygulanması sağlanabilir (Farooq ve ark., 2010; Katoch ve ark., 2013).

Nanopartiküllerin hedef olmayan canlılar üzerindeki etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise model organizma olarak *Caenorhabditis elegans* (Nematoda: Rhabditidae) kullanılmıştır. *C. elegans*, insanlarla yüksek oranda (%60-80) genetik homoloji seviyesi gösterdiği için deneysel toksikolojide yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaletta ve Hengartner, 2006). Bu çalışmada 3 farklı nanopartikül formülasyonu analiz edilmiştir; atrazin ve simazin ile yüklü veya yüklenmemiş katı lipid nanopartiküller (SLN), atrazin ile yüklü polimerik nanopartiküller (NC\_PCL) ve paraquat ile yüklü olan veya olmayan kitosan/tripolifosfat (CS/TPP). Hem pestisit yüklü hem de yüklü olmayan NC\_PCL uygulaması, düşük konsantrasyonlarda bile kontrol grubuna göre nematodun vücut boyunu önemli ölçüde azaltmış ve gelişimi üzerinde en zehirli formülasyonlardan biri olarak tespit edilmiştir. Etkinlik bakımından NC\_PCL'yi simazin yüklü (SLN) formülasyonu izlemiştir. Buna karşılık, her iki CS/TPP, daha yüksek konsantrasyonlarda dahi en az toksik olarak gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, gözlenen yüksek toksik etkilerin nanopartiküllerden kaynaklandığını göstermektedir (Jacques ve ark., 2017).

Hund-Rinke ve Simon (2006), nanopartiküllerin ekotoksitesinin belirlenmesi amacıyla farklı partikül boyutlarındaki nano TiO<sub>2</sub>'nin, sucul organizmalardan biri olan algler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Denemelerin sonunda, 25 nm çapındaki TiO<sub>2</sub>'nin, 100 nm çapındaki TiO<sub>2</sub>'ye kıyasla daha toksik olduğunu (EC<sub>50</sub> 32-44 mg/L) tespit etmiştir. Avrupa Birliğinde 25 nm boyutundaki TiO<sub>2</sub>'nin EC<sub>50</sub> değeri sucul organizmalar için zararlı olarak kabul edilmektedir. EPA (ABD) sınıflandırmasında ise bu değer düşük akut toksisite olarak sınıflandırılmaktadır. Aynı çalışmada araştırmacılar, 100 nm çapındaki parçacıkların toksisite değerinin ise çok düşük olduğunu gözlemlemiştir (Hund-Rinke ve Simon, 2006).

Başka bir çalışmada ise geleneksel permetrin ve nanopermetrinin insan eritrositleri (kırmızı kan hücreleri) ve lenfositleri (beyaz kan hücreleri) üzerindeki toksikolojik etkileri karşılaştırılmıştır. Her iki formülasyon tipi de toksik olmakla birlikte, eritrosit/ lenfositler üzerinde makro permetrinin, nanopermetrine kıyasla daha yüksek toksisite gösterdiği bulunmuştur. Araştırmacılar ayrıca, nanopermetrindeki aktif madde oranının makropermetrine göre daha az oluşunun çevresel kaygıların azaltılması bakımından avantaj teşkil ettiğini ileri sürmüşlerdir (Sundaramoorthy ve ark., 2016).

*Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae) kullanılarak yapılan ekotoksikolojik çalışmalarda ise tıbbi ve aromatik bitkilerden betel biberi (*Piper betle*, Piperales: Piperaceae) yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerinin, kimyasal olarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerinden daha az toksisiteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Usha Rani ve Rajasekharreddy, 2011). Elde edilen bu sonuçlar, biyosentez yoluyla oluşturulan nanopartiküllerin kimyasal yöntemlere alternatif olarak kullanılabilmesi ve bu alanda araştırmaların artırılmasının önemli olduğunu göstermektedir.

## Sonuç

Nanopestisitler, yeni ve iyileştirilmiş etkinlikleriyle, insan ve çevre sağlığı için bir taraftan yeni fırsatlar sunarken, diğer taraftan bünyesinde birtakım riskler de barındırmaktadır (Kah ve ark., 2013). Nanoteknoloji tabanlı yenilikçi gelişmelerin, tarımsal faaliyetlerin verimliliklerini en üst düzeye taşımasının yanı sıra; azalan su kaynakları, enerji krizi, toprakların bozunması gibi birçok konuda çözümler sunabileceği düşünülmektedir (Kumar ve ark., 2019). Geleneksel pestisitlere kıyasla nanopestisitler daha az oranda aktif madde içermekte ve kontrollü salım özellikleri sayesinde de daha uzun süreli koruma sağlayabilmektedir. Ancak nanopestisitlerin çevreye, insan ve hayvan sağlığı üzerine olan etkileri geleneksel pestisitlerden daha farklı yaklaşımlar ve toksikolojik çalışmalar gerektirmektedir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Alemán, J., Chadwick, A. V., He, J., Hess, M., Horie, K., Jones, R. G., Kratochvíl, P., Meisel, I., Mita, I. ve Moad, G., 2007, Definitions of terms relating to the structure and processing of sols, gels, networks, and inorganic-organic hybrid materials (IUPAC Recommendations 2007), *Pure and Applied Chemistry*, 79 (10), 1801-1829.
- Anjali, C., Khan, S. S., Margulis-Goshen, K., Magdassi, S., Mukherjee, A. ve Chandrasekaran, N., 2010, Formulation of water-dispersible nanopermethrin for larvicidal applications, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73 (8), 1932-1936.
- Anjali, C., Sharma, Y., Mukherjee, A. ve Chandrasekaran, N., 2012, Neem oil (*Azadirachta indica*) nanoemulsion—a potent larvicidal agent against *Culex quinquefasciatus*, *Pest management science*, 68 (2), 158-163.
- Athanassiou, C., Kavallieratos, N., Benelli, G., Losic, D., Rani, P. U. ve Desneux, N., 2018, Nanoparticles for pest control: current status and future perspectives, *Journal of Pest Science*, 91 (1), 1-15.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Vayias, B. J. ve Stephou, V. K., 2008, Evaluation of a new, enhanced diatomaceous earth formulation for use against the stored products pest, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae), *International journal of pest management*, 54 (1), 43-49.
- Baalousha, M. ve Lead, J. R., 2009, Overview of Nanoscience in the Environment, *Environmental and human health impacts of nanotechnology*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd, Hoboken, NJ, 1-25.

- Bai, W., Zhang, C., Jiang, W., Zhang, Z. ve Zhao, Y., 2009, Progress in studies on environmental behaviors and toxicological effects of nanomaterials, *Asian Journal of Ecotoxicology*, 4 (2), 174-182.
- Balaure, P. C., Gudovan, D. ve Gudovan, I., 2017, Nanopesticides: a new paradigm in crop protection, In: New pesticides and soil sensors, Eds: Elsevier, p. 129-192.
- Bhagat, D., Samanta, S. K. ve Bhattacharya, S., 2013, Efficient management of fruit pests by pheromone nanogels, *Scientific reports*, 3, 1294.
- Borm, P. J. ve Kreyling, W., 2004, A need for integrated testing of products in Nanotechnology. 1–2 March 2004 By The Health And Consumer Protection Directorate General Of The European Commission: 47.
- Burgett, M. ve Fisher, G. C., 1980, Recovery of PennCap-M® from Foraging Honey Bees and Pollen Storage Cells, *Environmental Entomology*, 9 (4), 430-431.
- Cao, Y., Tan, H., Shi, T., Tang, T. ve Li, J., 2008, Preparation of Ag-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles for photocatalytic degradation of acetamiprid in water, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 83 (4), 546-552.
- Chatterjee, A. K., Chakraborty, R. ve Basu, T., 2014, Mechanism of antibacterial activity of copper nanoparticles, *Nanotechnology*, 25 (13), 135101.
- Chen, H. ve Yada, R., 2011, Nanotechnologies in agriculture: new tools for sustainable development, *Trends in Food Science & Technology*, 22 (11), 585-594.
- Chhipa, H., 2017, Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture, *Environmental Chemistry Letters*, 15 (1), 15-22.
- Coelho, S., 2009, European pesticide rules promote resistance, researchers warn, *Science*, 323 (5913), 450-450.
- Çıracı, S., Özbay, E., Gülseren, O., Demir, H., Bayındır, M., Oral, A., Senger, T., Aydın, A. ve Dana, A., 2005, Türkiye’de nanoteknoloji, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*.
- Dahoumane, S. A., Jeffryes, C., Mechouet, M. ve Agathos, S. N., 2017, Biosynthesis of inorganic nanoparticles: a fresh look at the control of shape, size and composition, *Bioengineering*, 4 (1), 14.
- Das, S., Yadav, A. ve Debnath, N., 2019, Entomotoxic efficacy of aluminium oxide, titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles against *Sitophilus oryzae* (L.): A comparative analysis, *Journal of Stored Products Research*, 83, 92-96.
- Demirbilek, M. E., 2015, Tarımda ve gıdada nanoteknoloji, *Gıda Ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (15).
- Ersöz, M., Işitan, A. ve Balaban, M., 2018, Nanoteknoloji 1: nanoteknolojinin temelleri. Denizli, Pamukkale Üniversitesi Yayınları: 274.
- Farooq, M., Walker, T. W., Heintschel, B. P., Hoffmann, W. C., Fritz, B. K., Smith, V. L., Robinson, C. A. ve English, T., 2010, Impact of Electrostatic and Conventional Sprayers Characteristics on Dispersion of Barrier Spray1, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 26 (4), 422-429.
- Fischer, D. ve Moriarty, T., 2011, Pesticide risk assessment for pollinators: summary of a SETAC Pellston Workshop, *Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola*.
- Ghormade, V., Deshpande, M. V. ve Paknikar, K. M., 2011, Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants, *Biotechnology Advances*, 29 (6), 792-803.

- Gonçalves, C., Pereira, P. ve Gama, M., 2010, Self-Assembled Hydrogel Nanoparticles for Drug Delivery Applications, *Materials*, 3 (2), 1420-1460.
- Hayles, J., Johnson, L., Worthley, C. ve Losic, D., 2017, Nanopesticides: a review of current research and perspectives, In: *New Pesticides and Soil Sensors*, Eds: Elsevier, p. 193-225.
- Hooven, L. A., Chakrabarti, P., Harper, B. J., Sagili, R. R. ve Harper, S. L., 2019, Potential Risk to Pollinators from Nanotechnology-Based Pesticides, *Molecules*, 24 (24), 4458.
- Hosseinpour Jajarm, F., Moravvej, G., Modarres Awal, M. ve Golmohammadzadeh, S., 2020, Insecticidal activity of solid lipid nanoparticle loaded by *Ziziphora clinopodioides* Lam. against *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)(Coleoptera: Tenebrionidae), *International Journal of Pest Management*, 1-8.
- Hulkoti, N. I. ve Taranath, T., 2014, Biosynthesis of nanoparticles using microbes—a review, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 121, 474-483.
- Hund-Rinke, K. ve Simon, M., 2006, Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO<sub>2</sub>) on algae and daphnids (8 pp), *Environmental Science and Pollution Research*, 13 (4), 225-232.
- İlyasoğlu, H. ve El, S. N., 2010, Nanoemülsiyonlar: Oluşumları, Yapıları Ve Kollodial Salınım Sistemleri Olarak Gıda Sektöründe Kullanım Alanları, *Gıda/The Journal Of Food*, 35 (2), 143-150.
- Jacques, M. T., Oliveira, J. L., Campos, E. V., Fraceto, L. F. ve Ávila, D. S., 2017, Safety assessment of nanopesticides using the roundworm *Caenorhabditis elegans*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 139, 245-253.
- Joseph, T. ve Morrison, M., 2006, Nanotechnology in agriculture and food, *Nanoforum Report*, 2, 2-3.
- Kah, M., Beulke, S., Tiede, K. ve Hofmann, T., 2013, Nanopesticides: state of knowledge, environmental fate, and exposure modeling, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43, 1823-1867.
- Kah, M. ve Hofmann, T., 2014, Nanopesticide research: current trends and future priorities, *Environment international*, 63, 224-235.
- Kalaitzaki, A., Papanikolaou, N. E., Karamaouna, F., Dourtoglou, V., Xenakis, A. ve Papadimitriou, V., 2015, Biocompatible colloidal dispersions as potential formulations of natural pyrethrins: a structural and efficacy study, *Langmuir*, 31 (21), 5722-5730.
- Kaletta, T. ve Hengartner, M. O., 2006, Finding function in novel targets: *C. elegans* as a model organism, *Nature reviews Drug discovery*, 5 (5), 387-399.
- Katagi, T., 2002, Abiotic hydrolysis of pesticides in the aquatic environment, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 175, 79-261.
- Katoch, R., Sethi, A., Thakur, N. ve Murdock, L. L., 2013, RNAi for insect control: current perspective and future challenges, *Applied biochemistry and biotechnology*, 171 (4), 847-873.
- Keiper, A., 2003, The nanotechnology revolution, *The New Atlantis* (2), 17-34.
- Kettel, M. J., Schaefer, K., Groll, J. ve Moeller, M., 2014, Nanogels with High Active  $\beta$ -Cyclodextrin Content as Physical Coating System with Sustained Release Properties, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 6 (4), 2300-2311.
- Knowles, A., 2005, New developments in crop protection product formulation, *T&F Informa UK Ltd.*



- Kumar, S., Nehra, M., Dilbaghi, N., Marrazza, G., Hassan, A. A. ve Kim, K.-H., 2019, Nano-based smart pesticide formulations: Emerging opportunities for agriculture, *Journal of Controlled Release*, 294, 131-153.
- Lai, F., Wissing, S. A., Müller, R. H. ve Fadda, A. M., 2006, Artemisia arborescens L essential oil-loaded solid lipid nanoparticles for potential agricultural application: preparation and characterization, *Aaps Pharmscitech*, 7 (1), E10.
- Li, B., Tang, L., Qiu, Y. ve Wang, Y., 2009, Uncommon melt rheological behavior of hyperbranched polymers bearing quadruple hydrogen bonding units, *Acta Polymerica Sinica*, 6, 581-585.
- Li, Z. Z., Chen, J. F., Liu, F., Liu, A. Q., Wang, Q., Sun, H. Y. ve Wen, L. X., 2007, Study of UV-shielding properties of novel porous hollow silica nanoparticle carriers for avermectin, *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63 (3), 241-246.
- Loha, K. M., Shakil, N. A., Kumar, J., Singh, M. K. ve Srivastava, C., 2012, Bio-efficacy evaluation of nanoformulations of  $\beta$ -cyfluthrin against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 47 (7), 687-691.
- Mattos, B. D., Tardy, B. L., Magalhães, W. L. ve Rojas, O. J., 2017, Controlled release for crop and wood protection: Recent progress toward sustainable and safe nanostructured biocidal systems, *Journal of Controlled Release*, 262, 139-150.
- Negri, I., Mavris, C., Di Prisco, G., Caprio, E. ve Pellecchia, M., 2015, Honey bees (*Apis mellifera*, L.) as active samplers of airborne particulate matter, *Plos One*, 10 (7), 1-22.
- Nel, A., Xia, T., Mädler, L. ve Li, N., 2006, Toxic potential of materials at the nanolevel, *Science*, 311 (5761), 622-627.
- Nguyen, H., Hwang, I., Park, J. W. ve Park, H. J., 2012a, Enhanced payload and photo-protection for pesticides using nanostructured lipid carriers with corn oil as liquid lipid, *Journal of microencapsulation*, 29 (6), 596-604.
- Nguyen, H. M., Hwang, I. C., Park, J. W. ve Park, H. J., 2012b, Photoprotection for deltamethrin using chitosan-coated beeswax solid lipid nanoparticles, *Pest management science*, 68 (7), 1062-1068.
- Nuruzzaman, M., Rahman, M. M., Liu, Y. ve Naidu, R., 2016, Nanoencapsulation, nano-guard for pesticides: a new window for safe application, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (7), 1447-1483.
- Oberdörster, E., 2004, Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in the brain of juvenile largemouth bass, *Environmental health perspectives*, 112 (10), 1058-1062.
- Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W. ve Lai, D., 2005, Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy, *Particle and fibre toxicology*, 2 (1), 8.
- Özdoğan, E., Demir, A. ve Seventekin, N., 2006, Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 2006.
- Pankaj, Shakil, N. A., Kumar, J., Singh, M. K. ve Singh, K., 2012, Bioefficacy evaluation of controlled release formulations based on amphiphilic nano-polymer of carbofuran against *Meloidogyne incognita* infecting tomato, *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 47 (6), 520-528.



- Pereira, K. D. C., Quintela, E. D., Da Silva, D. J., Do Nascimento, V. A., Da Rocha, D. V. M., Silva, J. F. A. e., Forim, M. R., Silva, F. G. ve Cazal, C. D. M., 2018, Characterization of Nanospheres Containing Zanthoxylum riedelianum Fruit Essential Oil and Their Insecticidal and Deterrent Activities against Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae), *Molecules*, 23 (8), 2052.
- Polshettiwar, V., Cha, D., Zhang, X. ve Basset, J. M., 2010, High-surface-area silica nanospheres (KCC-1) with a fibrous morphology, *Angewandte Chemie International Edition*, 49 (50), 9652-9656.
- Pradeep, T., 2008, Nano The essentials Understanding Nanoscience and Nanotechnology. New Delhi, The McGraw-Hill Companies, Inc: 432.
- Pratap, A. P. ve Bhowmick, D., 2008, Pesticides as microemulsion formulations, *Journal of dispersion science and technology*, 29 (9), 1325-1330.
- Ragaei, M. ve Sabry, A.-k. H., 2014, Nanotechnology for insect pest control, *International journal of science, environment and technology*, 3 (2), 528-545.
- Saka, E. ve Gülel, G. T., 2015, Gıda Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları, *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 26 (2), 52-57.
- Sangeetha, J., Thangadurai, D., Hospet, R., Purushotham, P., Karekalammanavar, G., Mundaragi, A. C., David, M., Shinge, M. R., Thimmappa, S. C. ve Prasad, R., 2017, Agricultural nanotechnology: concepts, benefits, and risks, In: Nanotechnology, Eds: Springer, p. 1-17.
- Scott, N. ve Chen, H., 2012, Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems, *Industrial Biotechnology*, 8 (6), 340-343.
- Scott, N. ve Chen, H., 2013, Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems, *Industrial Biotechnology*, 9 (1), 17-18.
- Service, R., 2003, American Chemical Society meeting. Nanomaterials show signs of toxicity, *Science (New York, NY)*, 300 (5617), 243.
- Shah, M. A. ve Khan, A. A., 2014, Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests, *International journal of pest management*, 60 (2), 100-113.
- Shah, M. A., Wani, S. H. ve Khan, A. A., 2016, Nanotechnology and insecticidal formulations, *J Food Bioengin Nanopro*, 1, 285-310.
- Silva, W., Dória, G., Maia, R., Nunes, R., Carvalho, G., Blank, A., Alves, P., Marçal, R. ve Cavalcanti, S., 2008, Effects of essential oils on Aedes aegypti larvae: alternatives to environmentally safe insecticides, *Bioresource technology*, 99 (8), 3251-3255.
- Singh, M., Singh, S., Prasad, S. ve Gambhir, I., 2008, Nanotechnology in medicine and antibacterial effect of silver nanoparticles, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3 (3), 115-122.
- Song, S., Liu, X., Jiang, J., Qian, Y., Zhang, N. ve Wu, Q., 2009, Stability of triazophos in self-nanoemulsifying pesticide delivery system, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 350 (1-3), 57-62.
- Stadler, T., Buteler, M. ve Weaver, D. K., 2010, Novel use of nanostructured alumina as an insecticide, *Pest management science*, 66 (6), 577-579.

- Stadler, T., Buteler, M., Weaver, D. K. ve Sofie, S., 2012, Comparative toxicity of nanostructured alumina and a commercial inert dust for *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) at varying ambient humidity levels, *Journal of Stored Products Research*, 48, 81-90.
- Sun, C., Verheggen, F., Zeng, Z. ve Cui, H., 2020, Polymer-Based Nano-insecticides: Current Developments, Environmental Risks and Future Challenges-A Review, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 24, 59-69.
- Sundaramoorthy, R., Velusamy, Y., Balaji, A. P. B., Mukherjee, A. ve Chandrasekaran, N., 2016, Comparative cytotoxic and genotoxic effects of permethrin and its nanometric form on human erythrocytes and lymphocytes in vitro, *Chemico-Biological Interactions*, 257, 119-124.
- Sürengil, G. ve Kılınc, B., 2011, Gıda-Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar Ve Su Ürünleri Açısından Önemi, *Journal of Fisheries Sciences. com*, 5 (4), 317-325.
- Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J. ve Solans, C., 2004, Formation and stability of nano-emulsions, *Advances in colloid and interface science*, 108, 303-318.
- Taniguchi, N., 1974, On the basic concept of nanotechnology, *Proceeding of the ICPE*, 18-23.
- Turgut, O., Keskin, H. L. ve Avşar, A. F., 2011, What is Nanotechnology?, *Turk Med J*, 5 (1), 45-49.
- Usha Rani, P. ve Rajasekharreddy, P., 2011, Green synthesis of silver-protein (core-shell) nanoparticles using Piper betle L. leaf extract and its ecotoxicological studies on *Daphnia magna*, *Colloids and surfaces*, 389 (1-3), 188-1994.
- Whitehouse, P. ve Rannard, S., 2010, The application of nanodispersions to agriculture, *Outlooks on Pest Management*, 21 (4), 190-192.
- Wu, H., Ramachandran, C., Weiner, N. D. ve Roessler, B. J., 2001, Topical transport of hydrophilic compounds using water-in-oil nanoemulsions, *International Journal of Pharmaceutics*, 220 (1-2), 63-75.
- Xu, J., Fan, Q.-J., Yin, Z.-Q., Li, X.-T., Du, Y.-H., Jia, R.-Y., Wang, K.-Y., Lv, C., Ye, G. ve Geng, Y., 2010, The preparation of neem oil microemulsion (*Azadirachta indica*) and the comparison of acaricidal time between neem oil microemulsion and other formulations in vitro, *Veterinary parasitology*, 169 (3-4), 399-403.
- Yadollahi, R., Vasilev, K. ve Simovic, S., 2015, Nanosuspension technologies for delivery of poorly soluble drugs, *Journal of Nanomaterials*, 2015, 1.
- Yang, F.-L., Li, X.-G., Zhu, F. ve Lei, C.-L., 2009, Structural characterization of nanoparticles loaded with garlic essential oil and their insecticidal activity against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (21), 10156-10162.
- Yorulmaz, S., Ay, R., 2010, Akar ve böceklerde pestisitlerin detoksifikasyonunda rol oynayan enzimler, *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 24 (2), 137-148.
- Zhao, X., Cui, H., Wang, Y., Sun, C., Cui, B. ve Zeng, Z., 2017, Development strategies and prospects of nano-based smart pesticide formulation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (26), 6504-6512.

- Ziaee, M., Moharramipour, S. ve Mohsenifar, A., 2014a, MA-chitosan nanogel loaded with Cuminum cyminum essential oil for efficient management of two stored product beetle pests, *Journal of Pest Science*, 87 (4), 691-699.
- Ziaee, M., Moharramipour, S. ve Mohsenifar, A., 2014b, Toxicity of C arum copticum essential oil-loaded nanogel against S itophilus granarius and T ribolium confusum, *Journal of Applied Entomology*, 138 (10), 763-771.



## Sekonder Metabolitler<sup>A</sup>

Gülsevim TİRİNG<sup>1\*</sup>, Serdar SATAR<sup>2</sup>, Okan ÖZKAYA<sup>3</sup>

**Öz:** Sekonder metabolitler, organizmanın büyümesinde, gelişiminde ve çoğalmasında doğrudan yer almayan, mikroorganizmalar veya bitkiler tarafından üretilen organik bileşiklerdir. Sekonder metabolitler, böceklerin ve mikroorganizmaların korunmasına karşı bitki savunmasında önemli bir rol oynamaktadır. İnsanlar ilaçlarda, aromalarda, pigmentlerde ve parfümlerde sekonder metabolitleri kullanmaktadırlar. Ayrıca, son çalışmalar ile sekonder metabolitlerin COVID-19 antiproteaz ilaçları arasında etkili olarak kabul edilebileceği sonucuna da varılmıştır. Bitki sekonder metabolitleri terpenler, fenolikler ve alkaloidler olarak üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Terpen sınıflandırması, yapılarında bulunan izopren birimlerinin sayısına dayanmaktadır. Fenolik bileşikler ise bir aromatik halka yapısı üzerinde bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan yapılardır. Bu bileşiklerde karbon sayısına göre sınıflandırılmaktadır. Alkaloidler, bazik bileşikler içeren çeşitli bir azot grubudur.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal Bitki Ürünleri, Terpenler, Alkaloidler, Fenolik Bileşikler.

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Gülsevim TİRİNG, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, [glsvm.trng@gmail.com](mailto:glsvm.trng@gmail.com), [OrcID 0000-0002-9140-9690](https://orcid.org/0000-0002-9140-9690)

<sup>2</sup> Serdar SATAR Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, [hserhat@cu.edu.tr](mailto:hserhat@cu.edu.tr), [OrcID 0000-0003-0449-205X](https://orcid.org/0000-0003-0449-205X)

<sup>3</sup> Okan ÖZKAYA, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, [oozkaya@cu.edu.tr](mailto:oozkaya@cu.edu.tr), [OrcID 0000-0002-9448-5576](https://orcid.org/0000-0002-9448-5576)

## Secondary Metabolites

**Abstract:** Secondary metabolites are organic compounds produced by microorganism or plant which are not directly involved in the growth, development, or reproduction of the organism. Secondary metabolites play an important role in plant defense against insects and microorganisms defenses. Humans use to secondary metabolites in medicines, flavorings, pigments, and perfumes. Also, the recent studies can conclude that secondary metabolites may be considered as effective COVID-19 antiprotease drugs. Plant secondary metabolites can be divided into three major classes as terpenes, phenolics and alkaloids. Classification of terpene is based on the number of isoprene units present in their structure. Phenolic compounds are structures bearing one or more hydroxyl groups on an aromatic ring structure. These compounds are classified according to number of carbon. Alkaloids are a diverse group of nitrogen-containing compounds.

**Keywords:** Natural Plant Products, Terpenes, Alkaloids, Phenolic Compounds.

## Giriş

Bitkiler, büyüme ve gelişmede doğrudan etkili olan ve olmayan çok çeşitli organik bileşikler üretmektedir. Primer metabolitler (nükleotitler, amino asitler ve organik asitler) bitkinin yaşamsal işlevlerinde doğrudan etkiliyken, sekonder metabolitler ise bitkinin yaşamsal işlevi bakımından doğrudan etkili olmayan bileşiklerdir. Sekonder bileşiklerin çalışıldığı ilk yıllarda bu maddelerin 'işlevsiz ve atık maddeler' olduğu tartışılmıştır (Paech, 1950; Mothes, 1955). Sonraki yıllarda bu bileşenlerin bitkilerin savunma sistemi açısından çok önemli olduğu birçok bilim adamı tarafından açıklanmıştır (Stahl, 1888; Fraenkel, 1959; Levin, 1976; Levinson, 1976; Schildknecht, 1977; Rosenthal ve Janzen, 1979; Harborne, 1986). Sekonder metabolitler bitkilerin zararlılara, hastalıklara, olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılık oluşturması ve bazı yabancı otlara karşı allelopatik etki göstermesinden dolayı bitkinin yaşamsal işlevi açısından en az primer metabolitler kadar önemlidir (Seigler, 1998; Ramakrishna ve Ravishankar, 2011). Sekonder metabolitler bunun yanı sıra endüstriyel alanlarda boya, elyaf, tutkal, yağ, aroma, parfüm ve ilaçlar içerisinde kullanılmaktadır. Çok sayıda sekonder metabolitlerin biyolojik özelliklerinin tanınması yeni ilaç, antibiyotik, insektisit ve herbisitlerin arayışını tetiklemiştir (Zinkel ve Russell, 1989; Dawson, 1994). Özellikle son dönemlerde sekonder metabolitlerin tüm dünyada pandemi ilan edilen yeni koronavirüs proteaz enzimini inhibe etmek için enzim flebindeki önemli amino asitlerle etkileşime girebileceği sonucuna varılması bu bileşiklerin önemini daha da arttırmıştır (Mohammadi ve Shaghghi, 2020).

Bitki dayanıklılığı, endüstriyel alanlar ve sağlık gibi birçok konuda önemli olan sekonder metabolitler biyosentetik kökenlerine göre terpenler, alkaloidler ve fenolik bileşikler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

## 1. Terpenler

Terpenler en büyük doğal ürün sınıflarından biri olup bu gruba giren 22.000'in üzerinde bileşiğin tanısı yapılmıştır (Connolly ve Hill, 1991). Bu bileşikler, bitkilerde hormonlar (gibberellinler, apsisik asit), fotosentetik pigmentler (fitol, karotenoidler) ve membranların yapısal bileşenleri (fitosterol) gibi işlevlerde rol oynamaktadır. Terpen ismi, grubun ilk üyelerinin terebentinden (Almancada “terpentin”) izole edilmiş olmasından gelmektedir. Sadece hidrokarbon içeren terpenler olabileceği gibi, oksijen içeren terpenler de bulunmaktadır. Oksijen içeren terpenler “terpenoitler” olarak da isimlendirilmektedir. Terpenler bitki dokularında genellikle serbest olarak, bazen glikozitleri ya da organik asit esterleri halinde, bazen de proteinlerle birleşmiş olarak bulunmaktadır (Boiteau ve ark., 1969). Bu gruba giren bileşikler koku potansiyeli açısından çok önemlidir (Özkaya ve ark., 2018). Terpenler izopren (beş karbon) birimlerinin sayısına göre sınıflandırılmaktadır. İzopren birimler baş-kuyruk şeklinde bağlanarak düz zincirler oluşturabilirler veya baş-baş, baş-orta şeklinde bağlanarak halkalar oluşturabilirler (Croteau ve ark., 2000).

**Hemiterpenler (C<sub>5</sub>):** Hemiterpenler tek bir izopren birimi içermekte olup en küçük terpen grubunu oluşturmaktadır. En iyi bilinen hemiterpen, fotosentetik açıdan aktif dokulardan salınan uçucu bir ürün olan izoprendir. İzopren enzim sentezi, birçok C3 bitki türünün yaprak plastidlerinde bulunmaktadır (Croteau ve ark., 2000).

**Monoterpenler (C<sub>10</sub>):** İki izopren biriminden oluşan C<sub>10</sub> terpenoitleri, 1850'lerde terebentinden izole edilen ilk terpenoitler olarak bilinmektedir (Ludwiczuk ve ark., 2017). Monoterpenler destilasyon veya ekstraksiyon yoluyla izole edilmekte olup aroma ve parfüm gibi önemli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Bu bileşikler, angiosperm türlerinde genellikle uçucu yağ olarak, gymnosperm türlerinde ise reçine olarak izole edilmiştir. Pinenler; çam, ladin ve köknar gibi ağaçların en çok ürettiği monoterpenler arasındadır. Bu bileşikler dünyadaki konifer türlerin ciddi zararlanmasına neden olan, kabuk böcekleri (*Scolytidae spp.*) ve patojenik mantarlar için toksiktir (Tiring ve ark., 2020). Çoğu konifer türleri yazıcı böcek istilasında monoterpen üretimini artırarak tepki vermektedir (Langenheim, 1994). Çiçeklerden yayılan linalool ve 1,8 cineole monoterpenleri, arıların dahil olduğu tozlayıcılar için cezbedici işlevi görmektedir. 1,8-Cineole, tavşan ve geyik gibi büyük herbivorlara karşı yaprak beslenmesini engelleyici olarak da görev yapmaktadır. Ayrıca bu bileşik bazı angiosperm bitki türlerine rekabet eden bitki türleri için allelopatik etki göstermektedir (Croteau ve ark., 2000). Bu gruba giren önemli bileşiklerden olan limonene ve  $\gamma$ -terpinene turuncu meyve grubunun en önemli uçucu bileşenleri arasındadır (Özkaya ve ark., 2019).

**Seskiterpenler (C<sub>15</sub>):** C<sub>15</sub> terpenoitleri, üç izopren biriminden oluşmakta olup 15 karbon atomu içermektedir (Ludwiczuk ve ark., 2017). Monoterpenler gibi, birçok seskiterpen de uçucu yağlarda bulunur. Seskiterpenler yaygın olmalarına karşılık küçük bir kısmı bitkilerin yağından elde edilir. Büyük bir kısmı tatlandırıcı amacıyla kullanılır (zencefil ve karanfil yağı gibi). Çok sayıda seskiterpenoit mikrobiyal etmenlere tepki olarak bitkiler tarafından üretilen antibiyotik bileşikler olarak işlev görmektedir (Croteau ve ark., 2000). Bitki hormonu absisik asit yapısal olarak bir seskiterpendir (Cordell, 1976).

**Diterpenler (C<sub>20</sub>):** C<sub>20</sub> terpenoitleri, dört izopren birimlerinden oluşmakta olup 20 karbon atomu içermektedir (Ludwiczuk ve ark., 2017). Diterpenoitleri 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar, reçine diterpenler, toksik diterpenler ve gibberellinlerdir. Bazı gibberellinler sadece 19 karbon atomuna sahiptir ve bir metabolik bölünme reaksiyonu ile 1 karbon kaybettikleri için norditerpenoit olarak kabul edilmektedirler (Croteau ve ark., 2000).

**Triterpenler (C<sub>30</sub>):** Karbon atomu sayısı 30 olan triterpenler, her biri baş- kuyruğa bağlanan üç izopren birimi oluşturan iki C<sub>15</sub> zincirinin baş-baş bağlanmasıyla sentezlenmektedir (Ludwiczuk ve ark., 2017). Bu büyük molekül sınıfı, brassinosteroidleri, fitosterol membran bileşenlerini, bazı fitoaleksinleri, çeşitli toksinleri, beslenmeyi engelleyicileri, oleanolik asidi ve yüzey mumların bileşenlerini içermektedir. Hemen hemen tüm *Salvia spp.* (adaçayı) türlerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Moridi Farimani ve ark., 2013). Triterpenoit grubu içerisinde olan saponinler ve cardenolidler, birçok böcek için toksiktir. Böceğin deri değiştirmesini engellemektedir. Bunlar ayrıca balık ve salyangoz zehri olarak da bilinmektedir (Croteau ve ark., 2000).

**Tetraterpenler (Karotenler=C<sub>40</sub>):** Tetraterpenler olarak da adlandırılan karotenoidler, yağlarda çözünen maddeler olarak bilinmektedir. Bu maddeler fotosentezin gerçekleşmesi ve çiçekler ile meyvelerin renklenmesine yardımcı olmak üzere bitkilerde iki fonksiyonu yerine getirmektedirler. Tetrapenler, sebze ve meyvelere kırmızı ve turuncu renklerini verirken (kuşburnu, domates); çiçeklerde sarı tonlarında (nergis, menekşe, kadife çiçeği) renkler vermektedir (Harborne, 1988).

**Meroterpenler:** Kısmen terpenoitlerden türetilmiş karışık biyosentetik kökenli doğal ürünler genellikle meroterpenler olarak adlandırılmaktadır. Vincristine ve vinblastin kanser ilaçlarının dahil olduğu bazı alkaloidler, yapılarında terpenoit içermektedirler (Croteau ve ark., 2000).

## 2. Alkaloidler

Alkaloidler 3000 yıldır insanlar tarafından kullanılmaktadır. İnsanlık tarihi boyunca, bitki özleri, ilaç ve zehirler içerisinde kullanılmıştır. Doğu Akdeniz'de afyon çiçeği (*Papaver somniferum*) lateksinin kullanımı en az M.Ö. 1400 ile 1200'e kadar dayanmaktadır. Eski insanlar, şifalı bitki özlerini, yılan ısırığı, ateş ve cinnet dâhil olmak üzere birçok hastalığı tedavi etmek amacıyla kullanmıştır. Tıbbi bitkilerin kullanımı, Arabistan ve Avrupa'ya yayıldıkça, ünlü olaylarda rol oynamıştır. M.Ö. 399'da filozof Sokrates infazı sırasında, conicine içeren baldıran otu (*Conium maculatum*) ekstraktını içmiştir. M.Ö. son yüzyılda Kraliçe Kleopatra göz bebeklerini büyütme ve erkek siyasi rakiplerine daha çekici görünmek için atropin içeren henbane (*Hyoscyamus*) ekstraktını kullanmıştır. Alkaloidler yıllarca kullanılmalarına rağmen terim olarak ilk defa 1819 yılında Almanya'nın Halle kentinde bir farmakolog olan Carl Meissner tarafından kullanılmıştır (Croteau ve ark., 2000).

Alkaloidler aktif, azot içeren bazik bileşikler olarak tanımlanmıştır. Bu bileşiklerin bazılarını böcekler savunma amacıyla kullanmaktadır. Bazı böcek türleri bitkilerde bulunan pirolizidin alkaloidlerine adapte olmuş ve bu alkaloidleri kendi yararlarına kullanmak amacıyla mekanizmalar geliştirmiştir. *Tyria jacobaea* (Lepidoptera: Erebidae) larvası, genellikle bostan kanarya otu (*Senecio jacobaea*) ile beslenmektedir. Bu bitkide bulunan pirolizidin alkaloidleri *T.jacobaea*'yı avcılarına karşı tatsız hale getirmektedir (Naumann ve ark., 2002).



Savunma amacıyla kullanılan başka bir alkaloid örneği, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) olarak bilinen ateş karıncalarında görülmektedir. Bu tür, zehirli alkaloidini yeni yuvalarının temeli sırasında kraliçelerini korumak amacıyla kullanmaktadır. Böylece zehir keselerinde bulundurdukları alkaloidler ateş karıncasının dünyaya yayılmasını sağlamaktadır (Fox ve ark., 2019). Savunma amacıyla kullanılan diğer bir örnek Amerikan lale ağacında gözlemlenmiştir. Bu tür tarafından üretilen aporfin alkaloidi, onu parazitik mantarlardan korumaktadır (Diyoke, 2014). Savunma için önemli olan diğer bileşik kinolizidin alkaloidleridir. Kinolizidin alkaloidleri otlayan hayvanlar, özellikle de koyunlar için toksiktir. Bunlar *Lupinus* türlerinde görülmekte olup lupin alkaloidleri olarak adlandırılmaktadır. Acı tadı sebebiyle, lupinler beslenmeyi engelleyici olarak işlev görmektedir. Tatlı ve acı lupin popülasyonu göz önüne alındığında, tavşanların tatlı çeşidi kolayca tükettikleri ve acı çeşitleri ise tüketmedikleri gözlemlenmiştir (Rosenthal ve Janzen, 1979).

Alkaloidleri bazı böcekler feromon amacıyla da kullanmaktadır. *Cretonotos transiens* (Lepidoptera: Erebidae) corematasının büyüklüğü larva dönemindeyken beslendiği pyrolizidin alkaloid içeriği ile doğru orantılıdır. Coremata feromon açısından önemlidir. Bu nedenle erkek kelebeklerin kur yapma başarısı bitkilerden aldıkları alkaloidlere bağlıdır.

Alkaloidler insektisit olarak da kullanılmaktadır. Tütünde bulunan nikotin, insanlar tarafından kullanılan ilk insektisitlerden olup halen en etkili olanlardan biri olmaya devam etmektedir. Bir başka etkili böcek toksini, kakao, kahve, kola, çay tohumlarında ve yapraklarında bulunan kafeindir. Taze kahve çekirdeğinde veya çay yaprağında kafein, *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae)'nın hemen hemen tüm larvalarını 24 saat içinde öldürmektedir (Rosenthal ve Janzen, 1979).

## Alkaloidlerin Sınıflandırması

Alkaloidler genellikle aşağıdaki ana gruplara ayrılır:

**Gerçek alkaloidler:** Heterosiklik azot içermekte olup amino asitlerden meydana gelmektedir (Plemenkov, 2001). Bu grubun en tipik örnekleri arasında atropin, nikotin ve morfin bulunmaktadır. Bu grubun dahil olduğu alkaloidler heterosiklik azotun yanında bazen terpen ya da peptid fragmanları da içerebilmektedir. Piperidin alkaloidleri coniine ve coniceine, amino asitlerden meydana gelmedikleri halde gerçek alkaloidler olarak kabul edilebilmektedir (Dewick, 2002).

**Protoalkaloidler:** Azot içermekte (ancak azot heterosiklik değildir) ve amino asitlerden meydana gelmektedir. Örnek olarak meskalin, adrenalin ve efedrin verilebilmektedir (Khalil, 2017).

**Poliamin alkaloidler:** Putresin, spermidin ve spermin türevleridir. Bu gruba giren bileşiklerin uygulamalarının meyve eti sertliği, ağırlık kaybı, etilen salgı miktarı, SÇKM (Suda Çözünebilir Kuru Madde) miktarı, titre edilebilir asit miktarı gibi kalite özelliklerini etkilediği tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2006). Poliamin uygulamaları, meyve kabuğundan su çıkışında önemli rolü olan epikütikular mumların uzaklaşmasını geciktirmede ve membran bütünlüğünün korunmasında etkili olmaktadır (Khosroshahi ve ark., 2008). Hasat sonrası putresin uygulamalarının meyvelerin pazarlanabilir niteliğini korumada etkili olmaktadır (Martinez-

Romero ve ark., 2002; Zheng ve Zhang, 2004; Khosroshahi ve ark., 2008; Bal, 2012). Ayrıca bu bileşiklerin bitkilerin çeşitli çevresel streslere karşı savunma tepkilerini değiştirmede önemli rol oynadıkları öne sürülmüştür (Gill ve Tuteja, 2010).

**Peptit ve siklopeptit alkaloidler:** Bu gruba giren alkaloidler Rhamnaceae familyasının bitkileri arasında yaygın olarak bulunmakla beraber Asteraceae, Celastraceae, Euphorbiaceae, Menispermaceae, Pandaceae, Rubiaceae, Sterculiaceae ve Urticaceae familyalarında da bulunmaktadır (Gournelis ve ark., 1997). Ziziphine ve Mucronine bu alkaloidlerin bulunduğu sınıfa girmektedir (Khalil, 2017).

**Psödoalkaloidler:** Amino asitlerden oluşmayan alkaloid benzeri bileşiklerdir (Aniszewski, 2007). Bu grup terpen benzeri, steroid benzeri alkaloidleri ve kafein, teobromin, theacrine ve teofilin gibi pürin benzeri alkaloidleri içermektedir (Plemenkov, 2001). Bazı yazarlar efedrin ve katinon gibi bileşiklerini psödoalkaloidler olarak sınıflandırmaktadır (Khalil, 2017). Bunlar amino asit fenilalanininden meydana gelirler ancak nitrojen atomlarını amino asitten değil transaminasyon yoluyla alırlar (Dewick, 2002)..

### 3. Fenolik Bileşikler

Bitkiler çok çeşitli fenolik bileşikler içermekte olup orijinleri sucul ortamlardır. Bitkilerin toprağa evrimsel adaptasyonlarında, “bitki fenolik” bileşiklerin rolü çok önemlidir. Fenolik maddeler aromatik halkasında bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren bileşiklerdir (Shahidi ve Naczki, 1995). Bitki fenolikleri havaya maruz kaldığında, kolayca okside olup kahverengiye dönmektedir. Bu bileşikler proteinler ile kompleksler oluşturan ve enzim aktivitesini inhibe eden ürünler üretmektedir. Fenolik bileşikler bitki büyümesinde, gelişiminde, döllemede ve savunmasında önemli rol oynamaktadır. Antioksidan olarak rol oynayan fenolik içeriği zengin bitkiler, kalp hastalığının, iltihabın, kanser hastalığının ve diyabetin önlenmesinin yanı sıra insan hücrelerinde mutasyonun azalması açısından da önemlidir (Karakaya, 2010).

Son dönemlerde Çin’de ortaya çıkan ve daha sonra birçok ülkeye yayılan COVID-19 tüm dünya ülkeleri için potansiyel bir tehlike olmuştur. Günümüzde hastalığı tedavi etmek için onaylanmış bir ilaç yoktur. COVID-19 tedavisi için hâlihazırda mevcut kullanılan ilaçlar esas olarak ana proteaz (Mpro) üzerinde etkilidir. Khaerunnisa ve ark. (2020), 15 farklı sekonder metabolitlerle yaptığı çalışmada, nelfinavir ve lopinavir’in potansiyel tedavi seçeneklerini temsil edebileceğini ve kaempferol, quercetin, luteolin-7-glukozit, dimetoksisurkumin, naringenin, apigenin-7-glukozit, oleuropein, kurkumin, kateşin ve epikateşin gallat COVID-19’un potansiyel inhibitörleri olarak en çok önerilen bileşikler olduğunu belirtmişlerdir. Mohammadi ve Shaghghi (2020)’nin sekiz adet sekonder metabolitle yaptığı çalışmada, zerdeçalda bulunan curcumin fenolik bileşiğinin, proteaz enziminin COVID-19 ile güçlü bir etkileşime girdiğini belirtmişlerdir. Adem ve ark. (2020) ise COVID-19 proteaz enzimlerine, 80 farklı flavonoid bileşiğinin bağlama enerjileri kıyaslamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre hesperidin, rutin, diosmin, apigenin, diasetilkurkuminin COVID-19 üzerinde nelfinavir’den daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Fenolik bileşikler, bitkilerde kısmen patojen ve böcek saldırısı, UV radyasyonu ve yaralama gibi ekolojik ve fizyolojik baskılara tepki olarak sentezlenmektedir. Bitki fenolik bileşikleri şikimik asit ve malonik asit olmak üzere iki temel yolla sentezlenmektedir. Şikimik asit daha çok bitki fenoliklerinin biyosentezi için önemliken, malonik asit mantarların ve bakterilerin fenoliklerinin biyosentezi için önemlidir. Bu sentezdeki kilit adım, bir amonyak molekülünün giderilmesiyle fenilalaninin sinnamik aside dönüştürülmesidir (Özeker, 1999).

Fenolik maddeler çok çeşitli kimyasal bileşikler grubudur. Bu bileşikler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (Vermerris ve Nicholson, 2007). Harborne ve Simmonds (1964) fenolik bileşiklerini içerdikleri karbon sayılarına göre sınıflandırmışlardır (Çizelge 1)

**Çizelge 1.** Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

Yapı	Sınıf
C <sub>6</sub>	Basit fenolikler
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Fenolik asitler
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	Asetofenonlar ve fenilasetik asit
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Sinamik asitler, sinnamil aldehitler, sinnamil alkoller
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Kumarinler, izokumarinler
C <sub>15</sub>	Kalkonlar, auronlar, dihidrokolonlar
C <sub>15</sub>	Flavanlar
C <sub>15</sub>	Flavonlar
C <sub>15</sub>	Flavanonlar
C <sub>15</sub>	Antosiyanidin
C <sub>15</sub>	Antosiyenin
C <sub>30</sub>	Biflavonil
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	Benzofenonlar, ksanton, stilbenler
C <sub>6</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>14</sub>	Kinon
C <sub>18</sub>	Betasiyanin
Lignanlar ve neolignanlar	Dimer veya oligomerler
Lignin	Polimerler
Tanenler	Oligomer veya polimerler
Filobafenler	Polimerler

**Basit Fenolik Bileşikler, Benzoik Asit Türevleri ve Sinamik asitler:** Genellikle fenilpropanoitler (sinamik asitler) ve benzoik asit türevleri gıda bilimi literatüründe "fenolik asitler" olarak adlandırılmaktadır. Ancak bu hem yapı açısından hem de C sayısı açısından uygun değildir. Benzoik asit türevleri, fenilpropanoitlerden iki karbonlu bir kısmın kaybıyla üretilmektedir. Salisilik asit, uyarı maddesi olarak işlev gören bir benzoik asit türevidir (Raskin, 1992). Hem patojen hem de olumsuz çevre koşullarında bitkinin dayanıklılığını arttırmak amacıyla salisilik asidin etkili olduğu bilinmektedir. Salisilik asidin asetil esteri aspirin, ilk olarak söğüt ağacının kabuğundan izole edilmiştir. Hidroksibenzoik asit türevlerine vanilik asit ve gallik asitte de örnek olarak

verilebilmektedir. Hidroksibenzoik asitler, genellikle gıdalarda bağlı formda olup ligninler ve hidrolize edilebilir tanenler gibi kompleks bir yapının bileşenidir (Schuster ve Herrmann, 1985).

Bitkiler çevrelerine, köklerinden ve yapraklarından primer ve sekonder metabolitler salgılayabilirler. Bu bileşiklerin komşu bitkiler üzerindeki etkilerine "allelopati" denir. Allelopati terimi genellikle bitkilerin komşuları üzerindeki zararlı etkileri için kullanılmaktadır (bazen yararlı etkiler olabilir). Basit bileşikler olan kafeik asit ve ferulik asit gibi bileşikler toprakta önemli miktarlarda bulunmakta olup bitkinin çimlenmesini ve büyümesini önlemektedirler (Rice, 1987; Özeker, 1999).

**Flavon ve Flavonoller:** Bitkilerde yaklaşık 200 flavonol ve 100 flavon tanımlanmıştır (Shahidi ve Naczki, 2003). Çiçeklerde bulunan flavonoidler genellikle antosiyaninlerden daha kısa dalga boylarda ışığı emmekte ve bu nedenle insan gözüyle görülememektedir. Fakat arıların görebildiği ışık dalga boyu aralığı insanlardan daha fazla olduğu için flavon ve flavonollere tepki vermektedir (McCrea ve Levy, 1983). Flavonlar ve flavonoller sadece çiçeklerde değil aynı zamanda bütün yeşil bitkilerin yapraklarında da bulunur. Bu iki flavonoid sınıfı, hücreleri aşırı UV radyasyonundan korumaktadır (Caldwell ve ark., 1983). Ayrıca, baklagillerin kökleri tarafından toprağa salgılanan flavonlar ve flavonoller azot sabitleyici bakterilerin nodüle edilmesinde gen ekspresyonunu düzenler (Rolfe ve Gresshoft, 1988). Flavonlar ve flavonoller gıdalarda aglikonlar (glikozidin karbonhidrat içermeyen kısmı) olarak bulunmaktadır.

**Kumarinler:** Kumarinler basit fenolik bileşikler olup vasküler bitkilerde yaygın olarak bulunmaktadır. Bu maddeler böceklere ve funguslara karşı çeşitli bitki savunma mekanizmalarında işlev görmektedir. Bunlar şikimik asit yoluyla bakterilerden, mantarlardan ve bitkilerden sentezlenmektedir (Murray ve ark., 1982). Bazı kumarin türevleri toprak kaynaklı bitki patojenik mantarına karşı anti-fungal bir etkiye sahiptir (Brooker ve ark., 2008). Kumarin, 20. yüzyılın ortalarından bu yana birçok ülkede gıda katkı maddesi olarak yasaklanmasına rağmen yapay vanilya yerine kullanılmaktadır. Sabunlarda, kauçuk ürünlerinde ve tütün endüstrisinde ve bazı alkollü içecekler içinde yasal bir tatlandırıcı olarak hala kullanılmaktadır.

**Furano-kumarinler:** Kereviz, yaban havucu ve maydanoz da dahil olmak üzere Umbelliferae familyasındaki türlerde bol miktarda bulunan, fitotoksite özelliği olan kumarin tipidir. Normal olarak, bu bileşikler, ışıkla (UV-A) aktif hale getirilinceye kadar toksik değildir, bazı furano-kumarinlerin, kendilerini DNA'nın çift sarmalına sokabilen ve piramit bazlarına bağlanabilen yüksek enerjili bir elektronik duruma aktive edilmesine neden olmakta ve böylece transkripsiyon ve onarımı bloke etmekte ve sonunda hücre ölümüne yol açabilmektedir (Rice, 1987).

**İzoflavonoidler:** İzoflavonoidler, naringeninli bir flavonun ara ürün kaynağı olup bitki gelişiminde ve savunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Genelde baklagillerde bulunan izoflavonoidlerin birkaç farklı işlevi vardır. Bazıları güçlü böcek öldürücü faaliyetlere sahipken, diğerleri memelilerde kısırlığa neden olmaktadır. İzoflavonoidler "fitoaleksinler" adı verilen antimikrobiyal bileşiklerdir (Özeker, 1999). Yüksek konsantrasyonlarda fitoaleksin birikimi, patojenik mikroplara karşı dayanıklılık mekanizmasında büyük öneme sahiptir. Fitoaleksinler genellikle bitkide tespit edilemez. Mikrobiyal saldırının ardından çok hızlı bir şekilde sentezlenir. Oluşumları, enfeksiyon bölgesi etrafındaki lokal bir bölge ile sınırlıdır (Ebel ve Grisebach, 1988).

**Antosiyaninler ve Antosiyanidinler:** Antosiyaninler, çiçek ve meyveleri renklendirerek tohumların yayılmasında ve tozlayıcı böceklerin cezbedilmesinde hayati öneme sahiptir. Pigmentli flavonoitlerin en yaygın grubu olan antosiyaninler, bitki kısımlarında gözlenen kırmızı, pembe, mor ve mavi renklerin çoğundan sorumludur. Antosiyaninler şeker içeren glikozitlerdir. Şekerleri olmayan, antosiyaninlere "antosiyanidin" denir (Özeker, 1999). Antosiyaninler, birçok çiçek ve meyvelerde bulunan glikosidikal olarak bağlanmış antosiyanidinlerdir (Mazza ve Miniati, 1993). Böğürtlen, ahududu, yaban mersini, kiraz, kuş üzümü, nar, bektaşi üzümü, kızılcık ve erik antosiyaninler içermektedir. Bitkilerde yaklaşık 200 farklı antosiyanin tespit edilmiştir (Shahidi ve Naczki, 2003).

**Lignin ve Lignanlar:** Ligninler hücre duvarının oluşumunda çok önemlidir. Selülozdan sonra, tüm bitki dokusunun %20 ile %30'una tekabül eden ligninler bilinen en bol organik doğal ürünlerdir. Lignan maddeleri, ligninle ilişkili maddelerdir. Bu madde çeşitli patojenlere karşı bitki savunmasına yardımcı olmaktadır (Croteau ve ark., 2000).

**Tanenler:** Ligninin haricinde, savunma özellikleri olan, bir başka bitki fenolik polimeri de tanendir. Yoğunlaşmış (Kondanse) ve hidrolize olmak üzere iki grup tanen vardır. Yoğunlaşmış tanenler, flavonoit birimlerinin bağlanması ile oluşan bileşiklerdir. Bunlar odunsu bitkilerde çok sık rastlanmaktadır. Yoğunlaşmış tanenler çoğu zaman güçlü asitlerle muamele edilerek antosiyanidinlere hidrolize edilebilirler ve bu nedenle "proantosiyanidinler" olarak adlandırılırlar. Hidrolize edilebilir tanenler, fenolik asitler, özellikle gallik asit ve basit şekerler içeren heterojen polimerlerdir. Tanenler birçok otoburun büyümesini ve hayatta kalmasını önemli ölçüde azaltan genel toksinlerdir. Tanenler ayrıca çok çeşitli hayvanlarda beslenmeyi engelleyici olarak görev görmektedirler. İnsanlarda tanenler, tükürük proteinlerine bağlanmalarından dolayı ağızda tatsız ve kamaştırıcı bir his yaratmaktadır (Oates ve ark., 1980).

## Sonuç

Sonuç olarak; son 20-30 yıl içerisinde yapılan çalışmalar dikkate alındığında sekonder metabolitlerin, primer metabolitler gibi bitkinin yaşamsal işlevlerinde doğrudan etkili olmasa da en az onlar kadar önemli olduğu vurgulanmıştır. Bu maddeler bitkinin zararlılar, hastalıklar ve olumsuz çevre koşullarına karşı daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Sekonder metabolitler sadece bitkiler tarafından değil böcekler tarafından da salgılanmaktadır. Böcekler bu bileşenleri genellikle feromon ve savunma amacıyla kullanmaktadır. Günümüzde sekonder metabolitler ilaç, parfüm ve pestisit gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi sekonder metabolitler insanlar, bitkiler ve hayvanlar için oldukça önemlidir. Özellikle 2019 yılında Çin'de COVID-19 adlı virüsün ortaya çıkması ve sonrasında dünya ülkelerinin birçoğuna yayılması ve bu virüsün tedavisinde kullanılan ilaçlarda bazı sekonder bileşiklerin kullanılması bu bileşenlerin öneminin daha da artmasına neden olmuştur. Bu sebepten dolayı, sekonder metabolitlerle ilgili yapılan çalışmaların sayıları artırılmalı ve yapılan çalışmalara destek verilmelidir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Adem, S., Eyupoglu, V., Sarfraz, I., Rasul, A. and Ali, M. 2020. Identification of potent COVID-19 main protease (Mpro) inhibitors from natural polyphenols: An in silico strategy unveils a hope against CORONA.
- Aniszewski, T. 2007. Alkaloids-secrets of life alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role. Elsevier, Amsterdam, pp 1–316.
- Bal, E. 2012. Hasat sonrası putresin ve salisilik asit uygulamalarının kirazın soğukta muhafazası üzerine etkisi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi,7(2), 23-31.
- Boiteau, P., Pasich, B. And Ratsimamanga, R(Les). 1969. Triterpenoides. Gauthier-Villars Paris, p 3-5.
- Brooker, N., Winderski, J. and Blumi, E. 2008.Halogenated Coumarins Derivatives as Novel Seed Protectants.Communication in Agriculture and Applied Biological Sciences, 73(2): 81-89.
- Caldwell, M.M., Robberecht, R. and Flint, S.D. 1983. Internal filters: Prospects for UVacclimation in higher plants. *Physiol. Plant* 58: 445-450.
- Connolly, J.D. and Hill, R.A. 1991. Dictionary of Terpenoids. (London: Chapman and Hall). Cordell, G. A. (1976). Biosynthesis of sesquiterpenes. *Chemical Reviews*, 76(4), 425-460.
- Croteau, R., Kutchan, T.M. and Lewis, N.G. 2000. Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*,24, 1250-1319.
- Dawson, F.A. 1994. The amazing terpenes. *Naval Stores Rev. March/April*, 6-12.
- Dewick, P.M. 2002. Medicinal natural products. A biosynthetic approach, 2nd edn. Wiley, New York, p 381.
- Diyoke, O.I. 2014. Antioxidant and toxicologic properties of methanol leaf extract of stephania dinklagei in wistar albino rats.
- Fraenkel, G. 1959. The raison d'etre of secondary substances. *Science* 129: 1466-1470.
- Fox, E.G., Wu, X., Wang, L., Chen, L., Lu, Y.Y. and Xu, Y. 2019. Queen venom isosolenopsin A delivers rapid incapacitation of fire ant competitors. *Toxicon*,158, 77-83. Ebel, J. and Grisebach, H. 1988. Defense

- strategies of soybean against the fungus *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*: A molecular analysis. *Trends Biochem. Sci.* 13: 23-27.
- Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. *Plant signaling & behavior*, 5(1), 26-33.
- Gournelis, D.C., Laskaris, G.G. and Verpoorte, R. 1997. Cyclopeptide alkaloids. *Natural product reports*, 14(1), 75- 82.
- Harborne, J.B. 1986, Recent advances in chemical ecology. *Nat Prod Rep* 3:323-344. Harborne, J.B. 1988. Introduction to ecological biochemistry (3rd ed.). London: Academic Press. Harborne, J.B., Simmonds, N.W. (1964). In *Biochemistry of Phenolic Compounds*, p.79 [J. B. Harborne, editor]. London: Academic Press.
- Karakaya, S. 2004. Bioavailability of phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(6), 453-464.
- Khaerunnisa, S., Kurniawan, H., Awaluddin, R., Suhartati, S. and Soetjipto, S. 2020. Potential Inhibitor of COVID-19 Main Protease (Mpro) From Several Medicinal Plant Compounds by Molecular Docking Study. *Prepr.* Doi 10.20944/preprints202003. 0226. v1, 1-14.
- Khalil, A. 2017. Role of Biotechnology in Alkaloids Production. In *Catharanthus roseus* (pp. 59-70). Springer, Cham.
- Khosroshahi, M.R.Z., Esna-Ashari, M. and Ershadi, A. 2007. Effect of Exogenous Putrescine on Postharvest Life of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) Fruit, Cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*. 114:27-32.
- Langenheim, J.H. 1994. Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. *Journal of Chemical Ecology*, 20(6), 1223-1280.
- Levin, D.A. 1976). The chemical defenses of plants to pathogens and herbivores. *Ann Rev Ecol Syst* 7:121-159.
- Levinson, H.Z. 1976. The defensive role of alkaloids in insects and plants. *Experientia* 32:408-411.
- Liu, J., Honda, C and Moriguchi, T. 2006. Involvement of Polyamine in Floral and Fruit Development. *JARQ*. 40(1),51-58.
- Ludwiczuk, A., Skalicka-Woźniak, K. and Georgiev, M.I. 2017. Terpenoids. In *Pharmacognosy* (pp. 233-266). Academic Press.
- Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. and Valero, D. 2002. Effects of Postharvest Putrescine Treatment on Extending Shelf Life and Reducing Mechanical Damage in Apricot. *J. Food Sci.* 67: 1706-1712.



- Mazza, G. and Miniati, E. 1993. Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains. CRC Press, London. McCrea, K.D., Levy, M. (1983). Photographic visualization of floral colors as perceived by honeybee pollinators. *Am. J. Bot.* 70: 369-375.
- Mohammadi, N. and Shaghaghi, N. 2020. Inhibitory effect of eight Secondary Metabolites from conventional Medicinal Plants on COVID\_19 Virus Protease by Molecular Docking Analysis.
- Moridi Farimani, M., Nejad Ebrahimi, S., Salehi, P., Bahadori, M.B., Sonboli, A., Khavasi, H.R. and Hamburger, M. 2013. Antitrypanosomal triterpenoid with an  $\epsilon$ -lactone E-ring from *Salvia urmiensis*. *Journal of Natural Products*, 76(9), 1806-1809.
- Mothes, K. 1955. Physiology of alkaloids. *Annu Rev Plant Physiol* 6: 393-432.
- Murray, R.D.H., Mendez, J. and Brown, S.A. 1982. Coumarin activity in plants and bioorganism aspects. *John Wiley*; 2: 45-55.
- Naumann, C., Hartmann, T. and Ober, D. 2002. Evolutionary recruitment of a flavin-dependent monooxygenase for the detoxification of host plant-acquired pyrrolizidine alkaloids in the alkaloid-defended arctiid moth *Tyria jacobaeae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 6085-6090.
- Oates, J.F., Waterman, P.G. and Choo, G.M. 1980. Food selection by the South Indian leaf- monkey, *Presbytis johnii*, in relation to leaf chemistry, *Oecologia* 45, 45-56.
- Özeker, E. 1999. Phenolic compounds and their importance. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9(2).
- Özkaya, O., Şen, K., Aubert, C., Dündar, Ö. and Gunata, Z. 2018. Characterization of the free and glycosidically bound aroma potential of two important tomato cultivars grown in Turkey. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4440-4449.
- Özkaya, O., Yabaci Karaoglan, S., Incesu, M. and Yesiloglu, T. 2019. The general and volatile properties and the quality of two newly selected Satsuma clones (11/1 Izmir and 30/Izmir) grown under Mediterranean ecological conditions, *Food Science and Technology*, 39(2),451-457.
- Paech K. 1950. *Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Plemenkov, V.V. 2001. *Introduction to Chemistry of Natural Compounds*. Kazan, Russia. Ramakrishna, A. and Ravishankar, G.A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signal. Behav.* 6, 1720–1731.
- Raskin, J. 1992. Protein–polyphenol interactions: nutritional aspects, in *Proc. 16th Int. Conf. Groupe Polyphenols*, 16, Part II, 11–18.
- Rice, E.L. 1987. Allelopathy: An overview. In: Waller, G.R. (Ed.) *Allelochemicals: Role in agriculture and forestry*. ACS Symposium Series No. 330, American Chemical Society, Washington, D. C.

- Rolfe, B.G. and Gresshoff, P.M. 1988. Genetic analysis of legume nodule initiation. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 297-319.
- Rosenthal, G.A. and Janzen, D.H. 1979. *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites.* Academic Press, London New York.
- Schildknecht, H. 1977. Protective substances of arthropods and plants. *Pontif Accad Sci* 3: 59-107.
- Schuster, B. and Herrmann, K. 1985. Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. *Phytochemistry*, 24, 2761–2764.
- Seigler, D.S. 1998. *Plant Secondary Metabolism.* Springer, US.
- Shahidi, F. and Naczk, M. 1995. Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. *Food phenolic: Sources, chemistry, effects and applications*, 287-293.
- Shahidi, F. and Naczk, M. 2003. *Phenolics in food and nutraceuticals.* CRC press.
- Stahl, E. 1888. *Pflanzen und Schnecken.* *Jena Z Naturwiss* 22,557.
- Tiring, G., Satar, S. and Özkaya, O. 2020. Use of Monoterpenes in the Control of Bark Beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in Forest Areas. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(7), 1522-1527.
- Vermerris, W. and Nicholson, R. 2007. *Phenolic compound biochemistry.* Springer Science & Business Media.
- Zheng, Y. and Zhang, Q. 2004. Effects of Polyamines and Salicylic Acid on Postharvest Storage of 'Ponkan' Mandarin. *Acta Horticulturae.* 632,317-320.
- Zinkel, D.F. and Russell, J. 1989. *Naval Stores: Production, Chemistry, Utilization.* (New York: Pulp Chemicals Association).





## Soğuk Plazma Teknolojisi ve Tarımdaki Çeşitli Uygulama Alanları<sup>A</sup>

Hacer KANDEMİR<sup>\*1</sup>, Fulya AYDIN KANDEMİR<sup>2</sup>, Begüm GÜLER<sup>3</sup>, Aynur GÜREL<sup>4</sup>

**Öz:** Maddenin katı, sıvı ve gaz halinden farklı, kendine özgü özellikleri ile uzun zamandır kullanılan plazma terimi, kısaca “iyonize olmuş gaz” olarak tanımlanmaktadır. Bir gazın ısıtılmaya devam etmesi sonucunda gerçekleşen sıralı reaksiyonlar ile oluşan iyon, elektron ve nötr atom karışımı, plazmanın temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Ayrıca plazma içerisinde; fotonlar, elektronlar, serbest radikaller ve nötral atomların yanısıra kovalent bağları parçalamakla görevli, yeterli elektrik enerjisine sahip reaktif türler de bulunmaktadır. Plazma sistemleri; termodinamik özelliklerine (yüksek ve düşük sıcaklık) ve çalışma basınçlarına (düşük basınç ve atmosferik basınç) göre sınıflandırılmaktadır. Düşük sıcaklık plazmaları arasında en yeni teknolojilerden olan soğuk plazma teknolojisi; belirli bir vakum altında ve oda sıcaklığında bulunan gazların, belirli bir elektrik akımı veya elektromanyetik radyasyon uygulaması sonucunda oluşturulan plazma olarak tanımlanmaktadır. Soğuk plazma; etki mekanizmalarının çeşitliliği ve diğer teknolojiler ile birleştirilebilmesini sağlayan uygulama esnekliği sayesinde, doğa ve yaşam bilimleri için yenilikçi, çevre dostu ve ekonomik çözümlerin sunulmasında zengin bir biyoteknolojik kaynaktır. Özellikle son yirmi yıldır soğuk plazma teknolojisi, etki mekanizmasını oluşturan reaktif türlerin biyolojik sistemlerle etkileşime geçebilmesinden dolayı tıp, medikal, çevre, tarım ve gıda gibi alanlarda karşılaşılan problemler için alternatif çözüm önerileri sunmaktadır. Gerçekleştirilen bu derlemede, soğuk plazma teknolojisinin tarım ve bitkisel uygulama alanlarından olan tohum çimlenmesi, tohum

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

<sup>\*</sup> **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup>Hacer KANDEMİR, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,, [OrcID 0000-0001-9220-1317](https://orcid.org/0000-0001-9220-1317)

<sup>2</sup> Fulya AYDIN KANDEMİR, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, [OrcID 0000-0001-5101-6406](https://orcid.org/0000-0001-5101-6406)

<sup>3</sup> Begüm GÜLER, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, [OrcID 0000-0002-9970-2111](https://orcid.org/0000-0002-9970-2111)

<sup>4</sup> Aynur GÜREL, Biyomühendislik Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, [OrcID 0000-0002-7002-9752](https://orcid.org/0000-0002-7002-9752)

dekontaminasyonu, toprak zenginleştirilmesi ve plazma aktif su konuları üzerine yoğunlaşmıştır ve ayrıca in vitro koşullarda bitkisel materyal üzerine olan etkilerinden de bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Soğuk plazma teknolojisi, Bitki, Tarım, *In vitro*.

## Cold Plasma Technology and Various Applications Areas In Plants

**Abstract:** Different from the solid, liquid and gaseous state of the matter, the term plasma, which has been used for a long time by its unique properties, is briefly defined as “ionized gas”. The mixture of ions, electrons and neutral atoms formed by sequential reactions that occur as a result of the heating of a gas constitutes the basic components of the plasma. There are also photons, electrons, free radicals and neutral atoms in the plasma, as well as reactive species with sufficient electrical energy, which are responsible for breaking down covalent bonds. Plasma systems; thermodynamic properties (high temperature and low temperature) and operating pressures (low pressure and atmospheric pressure). Cold plasma technology, one of the newest technologies among low temperature plasmas; is defined as the plasma produced by the application of a certain electric current or electromagnetic radiation of gases present under a certain vacuum and at room temperature. Cold plasma; It is a generous biotechnological resource in the provision of innovative, environmentally friendly and economical solutions for the natural and life sciences, thanks to the variety of its mechanisms of action and its flexibility in application which allows it to be combined with other technologies. Especially in the last two decades, cold plasma technology offers alternative solutions for problems encountered in medicine, medical, environment, agriculture and food, because of reactive species that make up the mechanism of action can interact with biological systems. In this review, agricultural applications of cold plasma, seed germination and seed decontamination, soil enrichment, plasma active water applications and also effects of plasma on plant material in vitro are discussed.

**Keywords:** Cold plasma technology, Plant, Agriculture, *In vitro*.

## Giriş

Maddenin dördüncü hali olarak adlandırılan plazma iyonlaşmış bir gazdır ve görünen evrenin %99.9'undan fazlasının plazma durumunda olduğu tahmin edilmektedir. Güneşimiz dahil, tüm yüksek sıcaklıklı yıldızlar, yıldızlar arası gazlar, Kuzey Işıkları ve şimşekler doğal plazma kaynaklarının en iyi örnekleridir. Ayrıca yapay yollarla maddenin enerji içeriği artırılarak, laboratuvar koşullarında plazma üretimi de gerçekleştirilebilmektedir (Baboo, 2018).

Maddenin enerji içeriği artırılarak katıdan sıvıya, sıvıdan gaz hal geçişi oluşturulur. Tüm maddeler için her faz geçişinde, etkileşimler ve moleküller arası yapılar zayıflar ve sonunda tümüyle kırılır. Eğer bu reaksiyonlar daha yüksek enerjilerde gerçekleşmeye devam ederse, moleküller ve atom altı yapılar birbirinden ayrışır (Niemira ve Gutsol, 2010; Niemira, 2012). Bu ayrışma sonucunda plazmayı meydana getiren elektronlar, pozitif ve negatif iyonlar, serbest radikaller, gaz atomları, fotonlar ve uyarılmış moleküller oluşur (Baysal ve İçier, 2012; Yüksel ve Karagözlü, 2017; Zhang ve ark., 2017a).

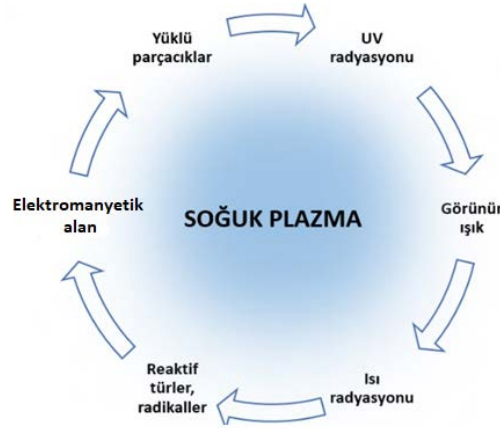
Maddenin dördüncü halinin keşfine giden yolda ilk adımlar, Sir Humphry Davy tarafından 1808 yılında kararlı halde DC ark deşarjının geliştirilmesi ve Michael Faraday ve ekibinin yüksek voltajlı DC elektriksel deşarj tüpüne yönelik araştırmaları ile atılmıştır (Akan, 2006). Plazma; ilk olarak Sir William Crookes tarafından 1879 yılında tanımlanmış, daha sonra 1897'de Thomson tarafından elektron ışınları (demeti) keşfedilmiştir (Baysal ve İçier, 2012; Korachi ve ark., 2015; Yüksel ve Karagözlü, 2017). Penning, 1926 yılında alçak basınçlı civa buharında radyo dalgası titreşimlerini belirlerken, Irving Langmuir 1929 yılında bu titreşimlerin bulunduğu bölge için ilk kez "PLAZMA" terimini kullanmıştır ve 1932 yılında Kimya dalında Nobel ödülünü kazanmıştır. 1970 yılında ise İsveçli Hannes Alfvén "Plazmaya verilen pertürbasyonun manyetik alan yönünde plazma frekansı ile yayılması" konulu çalışması kapsamında Fizik dalında Nobel ödülüne layık görülmüştür (Akan, 2006).

Plazmalar, geniş bir sıcaklık ve basınç aralığında uygulanan enerji ile üretilebilmektedir. Bu enerji, gaz halindeki molekülleri ayrıştırabilecek kadar etkin olan elektriksel, mekaniksel, termal ya da nükleer nitelikli bir enerji olabilmektedir. Bu amaçla kullanılan enerji kaynağının türüne ve miktarına bağlı olarak, plazma elektronlarının yoğunluk ve sıcaklığı değişmektedir. Bu nedenle yapay olarak üretilen plazma sistemleri genel olarak farklı bileşenler arasındaki enerji dağılımına göre; **termal plazma** ve **termal olmayan plazma** olmak üzere ikiye ayrılır (Misra ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2017a).

Termal plazmalar, elektronların ve iyon türlerinin termodinamik dengede bulunduğu koşullarda ve yüksek sıcaklıklarda ( $10^6\text{K} - 10^8\text{K}$ ) gazın ısıtılmasıyla üretilmektedir. Termal olmayan (veya soğuk) plazmalar ise düşük sıcaklıklarda yüksek enerji içeren ve termodinamik olarak dengede olmayan iyonların ve hareketli moleküllerin varlığı ile karakterize edilir (Bourke ve ark., 2018). Plazma oluşturulurken düşük sıcaklıklar kullanıldığı için **soğuk plazma** olarak da adlandırılır. Termal olmayan plazmalar; yüksek sıcaklıkta elektronları içerebilirler, ancak nötr parçacıklar, iyonlar ve radikaller oda sıcaklığına yakın kalırlar (Sarangapani ve ark., 2018). Termal olmayan plazmada yüksek enerjili elektronlar plazmadaki kimyasal reaksiyonların başlatılmasında en önemli rolü oynarlar. Burada elektron sıcaklığı, pek çok gaz molekülünün bağlarının kırılmasını sağlayacak şekilde 1-10 eV arasındadır (Yüksel ve Karagözlü, 2017; Zhang ve ark., 2017a). Diğer taraftan soğuk plazmadaki tüm gazın sıcaklığı, enerji maliyetini düşürecek şekilde, neredeyse oda sıcaklığına yakındır. Ek olarak yapılacak uygulamaya göre farklı plazma kaynakları, çeşitli uygulama gazları ve plazma özellikleri ile çok çeşitli uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir. Soğuk plazma, bahsedilen bu karakteristikleri nedeni ile birçok uygulama alanına sahiptir (Zhang ve ark., 2017b).

## Soğuk Plazma Teknolojisi

Soğuk plazma teknolojisi; bir gaza enerji verilerek, gaz içindeki bazı moleküllerin nötr kalması, bazı moleküllerin ise serbest elektronlara, radikallere, pozitif ve negatif iyonlara, ısı ve elektromanyetik radyasyona kadar ayrıştırılması ile oluşturulur (Misra ve ark., 2014) (Şekil 1).



Şekil 1. Soğuk Plazma Kimyası (von Woedtke ve ark., 2018)

Soğuk plazma, uygulama noktasında 315.15 K (40°C)'den daha düşük olan özel bir plazma tipidir. Alçak veya atmosferik basınçta düşük derecede iyonlaşma ile karakterize edilir. Soğuk plazmayı oluşturan gazın iyonlaşması için gaza uygulanan enerjinin kaynağı, doğrudan veya alternatif bir elektrik akımı, radyasyon ya da lazer ışığı şeklinde olabilir (Singh ve ark., 2014). Kullanılan gaz karışımları oksijen (O<sub>2</sub>), azot (N<sub>2</sub>), hidrojen (H) ve karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) gibi normal atmosferik gazlar ile helyum (He) ve argon (Ar) gibi soy gazları içerebilir (Han ve ark., 2019) (Tablo 1). Uygulanan elektrik enerjisi, düşük kütleleri nedeniyle elektronları seçici olarak ısıtır ve ısınan elektron sıcaklığı; iyonların, nötr parçacıkların ve gazın sıcaklığından çok daha yüksektir. Ayrıca elektron sıcaklığı, özellikle reaktif oksijen ve azot türleri (ROS ve RNS) ile UV radyasyonu gibi çeşitli türleri üretecek kadar aktifleşir. Bu durum soğuk plazmanın temas ettiği yüzeylerde, dekontaminasyon ve sterilizasyonun gerçekleştirilmesini sağlar (Bogaerts ve Neyts, 2018; Laroussi ve Leipold, 2004; Misra ve ark., 2014). Bu nedenle soğuk plazma, özellikle bakterilerin dekontaminasyonunda oldukça etkilidir (Daeschlein, 2018; Misra ve ark., 2014).



**Çizelge 1.** Soğuk Plazmada Oluşan Bileşenler ve Oluşum Reaksiyonları

Bileşen	Reaksiyon	Kaynaklar
$N_2(A^3\Sigma_u^+)$	$N_2 + e^- \rightarrow N_2(A^3\Sigma_u^+) + e^-$	(Uhm, 2015)
N	$N_2 + e^- \rightarrow N + N + e^-$	(Uhm, 2015)
NO	$N + O + M \rightarrow NO + M$ $O^* + N_2 \rightarrow NO + N$ $N^* + O_2 \rightarrow NO + O$ $N + OH \rightarrow NO + H$	(Uhm, 2015; Whitehead, 2016)
NO <sub>2</sub>	$O + NO + M \rightarrow NO_2 + M$ $O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$	(Whitehead, 2016)
N <sub>2</sub> O	$NO_2 + N \rightarrow N_2O$ $N_2(A^3\Sigma_u^+) + O_2 \rightarrow N_2O + O$ $N_2(A^3\Sigma_u^+) + O + M \rightarrow N_2O + M$	(Whitehead, 2016)
NO <sub>3</sub>	$NO_2 + O + M \rightarrow NO_3 + M$	(Whitehead, 2016)
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$NO_3 + NO_2 + M \rightarrow N_2O_5 + M$	(Whitehead, 2016)
O <sub>3</sub>	$O_2 + e^- \rightarrow O + O$ $O + O_2 + O_2 \rightarrow O_3 + O_2$	(Whitehead, 2016)
OH	$H_2O + e^- \rightarrow H + OH + e^-$ $H_2O^+ + e^- \rightarrow H + OH + e^-$ $N_2(A^3\Sigma_u^+) + H_2O \rightarrow OH + N_2 + H$	(Uhm, 2015; Whitehead, 2016)
HO <sub>2</sub>	$OH + O_3 \rightarrow HO_2 + O_2$	(Uhm, 2015)
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	$OH + OH \rightarrow H_2O_2$	(Uhm, 2015)
NH	$N + H \rightarrow NH$	(Whitehead, 2016)
NH <sub>2</sub>	$NH + H \rightarrow NH_2$	(Whitehead, 2016)
NH <sub>3</sub>	$NH + H_2 \rightarrow NH_3$ $NH + 2H \rightarrow NH_3$ $NH_2 + H \rightarrow NH_3$	(Whitehead, 2016)

\*M: Herhangi bir moleküldür. Reaksiyona diğer atom ve moleküller ile birlikte girerken, reaksiyon sonucu etkileşime girmeden oluşan enerji ile birlikte sistemden çıkar.

Yaygın olarak kullanılan plazma kaynakları tarafından üretilen reaktif türlerin çoğu; atomik oksijen [O], tekli oksijen (O=O, [<sup>1</sup>O<sub>2</sub>]), süperoksit anyon [O<sub>2</sub><sup>-</sup>] ve ozon [O<sub>3</sub><sup>-</sup>] gibi reaktif oksijen türleri (ROS) ve atomik azot [N], uyarılmış nitrojen [N<sub>2</sub>(A)], nitrik oksit [NO] gibi reaktif azot türleri (RNS) ile eğer yeterli nem mevcutsa H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> anyonu, OH radikal veya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi elektronik olarak uyarılmış oksijen (O<sub>2</sub>) ve azot (N<sub>2</sub>) türevleridir. ROS arasında ozon, atomik oksijen, tekli oksijen, süperoksit, peroksit ve hidroksil radikallerinin bakteriyel inaktivasyona katıldığı düşünülmektedir. Soğuk plazmanın kimyasal olarak karmaşık yapısı ve dolayısıyla da etkinliği; gaz bileşimi, gaz akış hızı, gaz basıncı, cihaz tasarımı (nem, sıcaklık, voltaj ve frekans), plazmanın işlem süresi ve plazmanın çalıştırılma koşulları (doğrudan veya dolaylı) gibi sistem parametrelerine bağlıdır (Bourke ve ark., 2017). Besleme gazının tipi; oluşacak reaktif türlerin aralığını ve türünü etkileyebilir. Çalışma gazı olarak havanın kullanılmasıyla, yüklü parçacıklar, enerjik iyonlar, ROS ve RNS gibi reaktifler üretilirken, ultraviyole (UV) radyasyonu da oluşturulabilir (Lu, Patil ve ark., 2014; Han ve ark., 2019).

## Soğuk Plazma Tipleri

Soğuk plazma sistemleri; mekanizmalara, basınçla uygulamasına ve elektrot geometrisine dayanarak, pek çok farklı tipte üretilebilirler (Petitpas ve ark., 2007). Soğuk plazma üretim kaynaklarının çok yönlülüğü (elektriksel, termal, optik (UV ışığı), elektromanyetik ışınım, radyoaktif gama ve X-ışını gibi), güncel yaklaşımlarla uyumlu benzersiz tasarımlar sunar (Pankaj ve ark., 2018) (Tablo 2).

Çizelge 2. Soğuk Plazma Tipleri

Plazma çeşitleri	İşletim koşulları	Yaygın kullanılan besleme gazı	Avantajlar	Kaynaklar
Dielektrik deşarj plazma (DBD)	Dielektrik materyal ile kaplı iki paralel elektrot	Azot, helyum, argon, hava,	*Atmosferik veya daha yüksek basınçlarda çalışabilir, *Çok çeşitli gazlarla işletilebilir (asil gazlar, hava veya su buharı, öncüllerin özel karışımları ve hemen hemen tüm gaz kombinasyonları), *Farklı elektrot geometrileriyle üretilebilir ve reaksiyon verimliliğini artıracak şekilde geniş ve homojen bir deşarj alanı sağlanabilir, *Pek çok kimyasal reaktif tür oluşturabilir, *Geniş alanlı uygulamalar için idealdir.	Nehra ve ark., 2008; Han ve ark., 2019; Tolouie ve ark., 2018; Niemira, 2012.
Radyo-frekans (RF) soğuk plazma	Değişik güç ve voltaj ayarlarında işletilen hızlı döngülü elektriksel impulslar	Helyum, hava	*Uygulamanın frekans aralığı Hz'den MHz'e kadar ulaşabilir.	Han ve ark., 2019; Hoffman ve ark., 2013; Niemira, 2012.
Mikrodalga soğuk plazma (MCP)	Elektronların kullanılmadığı mikrodalga frekansı		*Elektrotsuz olduğu için üretilmesi kolaydır. *Kullanımı pratiktir. *Özel karışımlarda, öncüllerde, su buharında ve havayla kolayca oluşturulabilir.	Niemira, 2012; Tolouie ve ark., 2018
Atmosferik soğuk plazma (CAP) jet	İyonize edilecek gazın yüksek oranda aktığı 2 elektrot	Atmosferik hava, oksijen, argon, helyum	*Atmosferik basınçta stabil, homojen ve uniform deşarj sağlayabilir, *İyonize edilen gaz direkt olarak plazma jetine bağlandığı için kullanımı kolay ve pratiktir. *Gaz sıcaklığı düşük olduğu için hassas yüzeylere zarar vermez, daha sağlam yüzeylerde ise gaz sıcaklığı artırılabilir. *Direkt uygulanabilir ve böylece dar alanlarda bile etkin olabilir. *Korona plazma ile büyük bir benzerlik sergiler.	Nehra ve ark., 2008; Han ve ark., 2019; Tolouie ve ark., 2018; Thirumdas, 2018; Coutinho ve ark., 2018; Hoffman ve ark., 2013; Niemira, 2012.
Korona plazma (CDP)	Korona deşarj	Azot, helyum, hidrojen/metan	*Atmosferik veya daha yüksek basınçlardaki düşük sıcaklıklarda, gazlara uygulanabilir. *İyonize gaz uzun süre stabil ve sabit kalabilir.	Nehra ve ark., 2008; Han ve ark., 2019; Tolouie ve ark., 2018;

Termodinamik dengede olmayan soğuk plazma sistemlerinin; düşük güç gereksinimi ve nispeten düşük sıcaklıklarda gaz içindeki fiziksel ve kimyasal reaksiyonları tetiklemeleri nedeniyle organik sentez için oldukça

umut verici olarak kabul edilmektedir. Geçtiğimiz 20 yılda dielektrik bariyer deşarj (DBD), korona deşarj (CD), radyo frekans (RF), mikrodalga ve atmosferik basınçlı plazma jet (APPJ) gibi soğuk plazma tipleri farklı teknikler kullanılarak üretilmiştir. Üretilen tüm soğuk plazma tipleri endüstriyel uygulama alanları için oldukça etkindir (Hati ve ark., 2018).

## Soğuk Plazma Teknolojisinin Uygulama Alanları

Pek çok farklı araştırma alanı olsa da, araştırmacılar son yıllarda, soğuk plazma teknolojisinin bilim ve mühendislik alanındaki uygulamaları üzerine yoğunlaşmıştır (Tablo 3) (ReynaMartinez ve ark., 2018).

**Çizelge 3.** Soğuk Plazma Teknolojisinin Kullanım Alanları

Soğuk Plazma Teknolojisinin Kullanım Alanları				
<u>Tıp</u>	<u>Gıda</u>	<u>Tarım</u>	<u>Su</u>	<u>Materyal</u>
*Yara iyileşmesi *Kanser tedavisi *Kan koagülasyonu *Diş tedavisi *Biyomedikal uygulamalar (Pankaj ve Keener, 2017; Misra ve ark., 2016; Gavahian ve Khaneghah, 2020).	*Dekontaminasyon *Enzim inaktivasyonu *Mikrobiyal inaktivasyon *Gıda paketlenme (Pankaj ve Keener, 2017; Misra ve ark., 2016; Gavahian ve Khaneghah, 2020)	*Dormansinin kırılması *Çimlendirme *Dekontaminasyon *Bitki büyümesi *Bitki direncinin iyileştirilmesi *Sürdürülebilirlik açısından kaynakların verimli kullanımı (Pankaj ve ark., 2018; Pankaj ve Keener, 2017; Misra ve ark., 2016; Pankaj ve Thomas, 2016; Iranbakhsh ve ark., 2020)	*Su saflaştırma *Atık su sterilizasyonu (Pankaj ve Keener, 2017; Misra ve ark., 2016; Attri ve ark., 2017).	*Tekstil *Polimer *Nanomateryal *Elektrokimya (Pankaj ve Keener, 2017; Misra ve ark., Attri ve ark., 20172016; Gavahian ve Khaneghah, 2020).

Soğuk plazma; içerisinde bulunan, aktif atom, uyarılmış moleküller, yüklü parçacıklar, ROS, RNS ve UV fotonları ile yüksek antibakteriyel özellik göstermektedir. Bu özelliğinden dolayı bakterileri, kanser hücrelerini, fungusları, sporları, parazitleri, fajları ve virüsleri etkisiz hale getirebildiği bilinmektedir (Mai-Prochnow ve ark., 2014). Soğuk plazma teknolojisinin kendine has özellikleri (aktif parçacıkların, UV ışının ve elektromanyetik alanın varlığı vb.) biyolojik nesnelere üzerinde uyarıcı bir etki göstermektedir. Bu özellikleri ile plazma teknolojileri; tıp, tarım, çevre, ekoloji ve gıda gibi alanlarda yeni umutlar açan yeni nesil bir sterilizasyon uygulaması olarak görev yapabilmektedir (Filatova ve ark., 2018). Plazma teknolojisinde yeni tıbbi/terapötik araştırmalar; diş enfeksiyonlarının tedavisi, çeşitli dermatolojik uygulamalar, yara sterilizasyonu, yara iyileşmesi, kan koagülasyonu ve kanser tedavisini de içeren farklı uygulama alanlarında gerçekleştirilmektedir (Graves, 2014; Nishime ve ark., 2017). Ayrıca elektronik cihazlarda hassas yüzeylerin sterilizasyonu, endüstride tekstil ürünlerinin kalitesinin iyileştirilmesi ve tıbbi cihazların dekontaminasyonu gibi farklı alanlarda da uygulamaları bulunmaktadır (Mandal ve ark., 2018). Plazma teknolojisinin atık oluşturmeyen ve çevre dostu bir uygulama olmasının yanı sıra, malzemenin özelliklerinde arzu edilen değişiklikler sağlama nedeniyle özellikle polimer teknolojisinde kullanımı da oldukça yaygındır (Kusano, 2014). Son yıllarda, soğuk plazma

teknolojisinin tıbbi ve endüstriyel bitkiler üzerindeki potansiyel avantajları hakkında gerçekleştirilen çalışmalar hız kazanmıştır. Çalışmaların temel odak noktası; tohum dekontaminasyonu, tohum çimlenmesi ve bitki büyümesini etkileyen koşullar üzerinde yoğunlaşmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar plazma etkileşimli tarım uygulamaları adına geniş bir vizyon sağlasa da, bitki hücre içi moleküller ve plazma etkileşimleri hakkındaki bilgiler halen daha oldukça yetersizdir (Iranbakhsh ve ark., 2020). Gerçekleştirilen bu derlemede, soğuk plazma teknolojisinin tarım başta olmak üzere bitkiler üzerine yapılan çeşitli uygulamalarından bahsedilecektir.

## Soğuk Plazmanın Tarım Uygulamaları

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO- Food and Agriculture Organization)'ne göre; iklim değişikliği, hızlı sanayileşme ve şehirleşme nedeniyle ilerleyen yıllarda küresel gıda ihtiyacı karşılanamaz hale gelecektir (Sivachandiran ve Khacef, 2017). 30 yıldan fazla bir süredir, tarım bölgelerinde artan sıcaklıkların ve değişen yağış rejiminin, tarım arazilerinin üretkenliğini büyük oranda olumsuz etkilediği ve önümüzdeki yıllarda küresel gıda üretimi üzerindeki baskıyı artıracığı genel olarak kabul edilmiştir (Elbehri, 2015). Ayrıca şehirleşme, çölleşme, toprak erozyonu vb. sebeplerden ötürü her yıl kaybedilen 5-10 hektarlık tarım arazileri ve 2050'de 9 milyara ulaşacağı tahmin edilen insan nüfusu nedeniyle, gıda talebinin karşılanamayacağı da düşünülmektedir. Bu nedenle 21. yy.'ın en büyük küresel sorunlarından biri gıda güvenliğinin korunması ve iyileştirilmesidir (Farsund ve ark., 2015). Ekili araziyi artırmak zor olduğu için, gıda sıkıntısını gidermenin tek yolu, ekonomik olarak uygulanabilir bir süreçte mahsul verimini arttırmaktır. Tohum çimlenme ve bitki büyüme hızını artırarak, dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanabileceği düşünülmektedir. FAO'ya göre gıda kıtlığının en aza indirilmesinde yararlanılacak en iyi yöntem, toprak ve su kaynaklı kirlenmenin (mikroorganizma, bakteri, fungus ve diğer kimyasal bileşenler) tohum yüzeyinde neden olduğu kontaminasyonu elimine ederek çimlenme oranının artırılmasıdır. Ayrıca depolama, gübreleme, uygun olmayan iklim koşulları ve kimyasal (intestisit ve pestisit) kullanımı gibi diğer çevresel koşulların da iyileştirilmesi gereklidir. Ancak halihazırda mahsul verimini arttırmak için kullanılan geleneksel yöntemler (gübreleme, sulama) ekonomik değildir ve bazı çevresel problemlere neden olduğu bilinmektedir (Sivachandiran ve Khacef, 2017; Judée ve ark., 2018). Sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından çevrenin ve doğal kaynakların korunması göz önünde bulundurulduğunda, tarımsal verimliliği arttırmak ve verim açığını kapatmak adına yeni yaklaşımlara ve çözüm önerilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, soğuk plazma teknolojisi yenilikçi, hızlı, ekonomik ve atık üretmeyen çevre dostu bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Son 10 yıldır, plazma araştırmacıları, tarımda soğuk plazma (plazma tarımı) uygulamaları üzerinde çalışmaktadırlar. Plazma teknolojisinin tohumlara uygulanması ile çimlenme oranı ve bitki büyümesinin artırılacağı, tohum yüzeyinin dekontaminasyonunun sağlanabileceği ve toprak üzerine uygulanan plazma kimyası ile fazla su ve fazla kimyasal gübre talep etmeden verimin artırılarak ekosisteme ve çevreye daha az zarar verilebileceği ifade edilmiştir (Degutyte-Fomins ve ark., 2020; Brandenburg ve ark., 2019; Puač ve ark., 2018; Judée ve ark., 2018; Jiang ve ark., 2018).

Soğuk plazma uygulamaları sırasında canlı dokular; ozon, hidroksil radikalleri ve nitrik oksit (NO) gibi çeşitli ROS ve RNS molekülleri ile etkileşime girerken, moleküller ve fizyolojik seviyelerde etki eden UV

radyasyonuna da maruz bırakılmaktadır. Bu özel sistemler; bitkilerde, tohumlarda (besin zincirinde başlangıç ana bileşeni) ve nihai olarak da gıdalarda çeşitli sinyal yollarını başlatarak, moleküler ve biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesine yol açabilirler (Babajani ve ark., 2019; Iranbakhsh ve ark., 2017; del Rio, 2015). Plazma tarafından oluşturulan ROS ve RNS'nin bitki hücreleri üzerindeki olumlu etkileri değerlendirilmiştir ve ROS'un; hücre çoğalması ve farklılaşması, programlanmış hücre ölümü, tohum çimlenmesi, gravitropizm, kök tüylerinin büyümesi, yaşlanma ve polen tüpünün gelişmesi vb. için sinyal molekülleri olarak hareket ederek bitki gelişim süreçlerine katıldığı bildirilmiştir. Ancak ROS'un çeşitli bitki gelişim aşamalarındaki düzenleyici etkisi henüz bilinmemektedir. RONS (Reaktif oksijen ve azot türleri); bitkilerde birçok önemli sinyal reaksiyonu için gerekli olmakla birlikte, aynı zamanda aerobik metabolizmanın yan ürünleridirler (Volkov ve Kolobov., 2017). ROS ve RNS, kritik sinyalizasyon bileşenleri olarak hareket ederler ve sinyal yollarının, hücresel fizyolojinin, gen ifadesinin, farklılaşmanın ve büyümenin düzenlenmesine katkıda bulunurlar. Kısa ömürlü radikallerin etkileri yerelken, uzun ömürlü bileşenler uzak bölgelere taşınabilir ve sistemik tepkilerin tetiklenmesinde görev alırlar (del Rio, 2015).

Gerçekleştirilen farklı araştırmalar, tohumun dekontaminasyonu, tohum çimlenme verimliliği ile fidelerin erken büyümesinin artırılması, farklılaşma sürecinin düzenlenmesi, hücresel fizyolojinin ve gen ekspresyon sisteminin değiştirilmesinin yanı sıra, bitki direncinin abiyotik-biyotik stres koşullarına karşı iyileştirilmesi gibi soğuk plazmanın potansiyel faydalarını göstermiştir (Degutyte-Fomins ve ark., 2020; Babajani ve ark., 2019; ve Stolárik ark., 2015; Singh ve ark., 2015). Çalışmalarda, plazmanın tohum yüzeyinde önemli miktarda mikroorganizma dekontaminasyonu sağladığı, islanabilirliği, tohumun su emme kapasitesini arttırdığı ve tohum çimlenmesini iyileştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, plazmanın, tohum rezerv/depolama/stok kullanımını, çimlenme sırasında  $\alpha$ -amilaz aktivitesini, fotosentetik pigment içeriğini, fotosentetik kapasiteyi ve süperoksidaz, peroksidaz ve polifenoloksidaz aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak tüm bu veriler değerlendirildiğinde, soğuk plazma uygulamasının bitkilerde gelişimin iyileştirilmesi ve verimin artırılmasına etkili olduğu belirlenmiştir (Ling ve ark., 2018).

## **Soğuk Plazmanın Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkisi**

Tohumların nem içeriği, hormon üretimi ve enzim aktivitesi gibi faktörler üzerinde etkili olan toprak sıcaklığındaki artış nedeniyle, tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Tohumlarda çimlenmeyi geciktiren uyku halini (dormansi) kırmak ve böylelikle çimlenmeleri arttırmak amacıyla, tohumlara çeşitli fiziksel (kazıma, tabakalaşma, manyetik işlem, güneş ışığı, ultraviyole ışık ve sıcak suda ıslatma) ve kimyasal yöntemler (çeşitli bileşenler, fungusitler ve bitki büyüme düzenleyicileri) uygulanmaktadır. Emek isteyen ve zaman alıcı olan bu yöntemler, çeşitli çevresel problemlere yol açan bazı kimyasal atıkları oluşturabilirler (Kakati ve ark., 2019).

Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, soğuk plazma uygulamalarının tohum çimlenmesinin yanı sıra, bitki gelişimi ve büyümesi üzerindeki olumlu etkisini de göstermektedir. Tohum yüzeyinde gerçekleştirilen soğuk

plazma uygulamaları, tohum yüzeyinin sterilizasyonunun sağlanmasında oldukça etkilidir. Ayrıca tohum kabuğunun hidrofilik özelliğini etkileyerek su emilimini ve antioksidan enzim aktivitesini artırarak, tohumlarda çimlenme oranının ve potansiyelinin geliştirilmesine de yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte soğuk plazma uygulaması sırasında, kimyasal madde kullanılmaması tohumlarda oluşabilecek hasarı önler (Dobrin ve ark., 2015; Šimončicová ve ark., 2018; Los ve ark., 2019; Park ve ark., 2018). Soğuk plazma uygulamalarında; işlem sonrasında yüzey üzerinde hidrofobik ve hidrofilik ince bir tabaka oluşur ve bu değişiklik, farklı tohum tiplerinde ve farklı ekim koşullarında olumlu sonuç alınmasına katkı sağlar (Lotfy ve ark., 2019).

Genel olarak soğuk plazmanın tohum üzerindeki etkileri şu şekilde özetlenebilir (Ohta, 2016);

- Tohum yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleştirilir.
- Tohum kabuğunun çatlatılması sağlanır.
- Tohum içinde anti-oksidadanların üretimi gerçekleştirilir.
- Bitki hormonları aktif hale gelir.
- Tohumun su emilimi artar.
- Yüzey ıslaklığı değişir.

Será ve ark., (2008), yaptıkları bir çalışmada, Ar/O<sub>2</sub> ve Ar/N<sub>2</sub> gazlarının kombinasyonunu kullanarak oluşturdukları düşük basınçlı deşarj plazma ile kazayağı (*Chenopodium album agg.*) bitkisine ait tohumlarda soğuk plazma uygulamalarını gerçekleştirmişler ve 360-2880 s (her deneme 360 s artırılarak)'lik soğuk plazma uygulamalarından sonra çimlenme oranlarını ve sürgün gelişimlerini takip etmişlerdir. Çalışma sonucunda, etkili sonuç 1800 ve 2880 s'lik uygulama sonucunda elde edilmiştir ve kontrol grubuna göre 3 kat (%55) daha fazla çimlenme oranı sağlanmıştır. Ayrıca kültürün 5. gününde en uzun sürgün boyu (5.16 cm) 2880 s'lik uygulama sonucunda elde edilirken, kontrol grubuna göre (3.96 cm) daha iyi sonuç elde edilmiş olması, soğuk plazma uygulamasının tohum çimlenmesi için iyi bir alternatif olduğunu göstermiştir.

Será ve ark., (2010), tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise, soğuk plazma uygulamasının buğday ve yulaf tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Ar gazının kullanıldığı 500 W'da çalışan düşük basınçlı bir plazma örneği kullanmışlardır. 15 yıllık buğday tohumları ile 3 yıllık yulaf tohumlarında, farklı plazma uygulama süreleri (0-2400 s) gerçekleştirilerek, 12 günlük çimlendirme denemeleri kurulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; plazma uygulamasının ardından yulaf tohumlarının yüzeyinde gözle görülür bir değişiklik olmazken, 600 s'lik plazma uygulaması gerçekleştirilen buğday tohumlarında hem görsel, hem de yapısal değişiklikler gözlenmiştir. Ayrıca uygulamanın yapıldığı buğday tohumlarının kontrol grubuna göre daha hızlı çimlendiği de çalışmada belirlenmiştir.

Henselová ve ark., (2012), yaptıkları çalışmada, mısır tohumlarına (*Zea mays L.*) Diffüz Coplanar Yüzey Bariyeri Deşarjı (DCSBD) kullanarak 60 ve 120 s süreyle düşük sıcaklıklı plazma uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Gerçekleştirilen uygulamaya bağlı olarak üyüme parametreleri, kök anatomisi ve tohumlardan elde edilen köklerde bazı enzimlerin (CAT-katalaz, G-POX-peroksidaz, SOD-süperoksit dismutaz ve DHO-dehidrogenaz) aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; mısır tohumlarında soğuk plazma uygulaması ile birlikte çimlenme sonrası büyümesi üzerinde olumlu etkiler gözlemlenmiştir ve bu



etkilerin uygulamanın süresine bağlı olduğu belirlenmiştir. 60 s'lik plazma uygulama; kök uzunluğu (kontrol örneğinde 14.67 cm, plazma uygulaması gerçekleştirilen örnekte 21.02 cm), taze ağırlık (kontrol örneğinde 502.70 mg, plazma uygulaması gerçekleştirilen örnekte 551.17 mg) ve kuru ağırlık (kontrol örneğinde 29.78 mg, plazma uygulaması gerçekleştirilen örnekte 34.08 mg) üzerinde önemli ölçüde etkili bulunmuştur. Bununla birlikte, 120 s'lik plazma uygulamasının, çalışılan büyüme parametreleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu belirlenmiştir. Bu durumun nedeni, plazma uygulamasının sadece tohumun yüzey özelliklerini değil, diğer biyokimyasal parametrelerini de etkileyerek zararlı etkilere neden olabileceği gerçeğine bağlanmıştır.

Mitra ve ark., (2014), nohut (*Cicer arietinum*) tohumlarının çimlenmesi üzerindeki yüzey mikro deşarj hava plazma teknolojisinin etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada; 60 s'lik plazma uygulamasının, tohum çimlenmesini (%89.2) ve çimlenme hızını ( $7.1 \pm 0,1$  tohum/gün) kontrol grubuna göre arttırdığını, çimlenme süresini ise kontrol grubuna göre 2.7 gün azalttığını belirlemişlerdir.

Jiayun ve ark., (2014), *Andrographis paniculata* bitkisinde tohum kabuğunu modifiye ederek DBD hava plazmasının; tohum çimlenmesi, fide oluşum oranı ve biyokimyasal aktivitede meydana getirdiği değişimleri incelemek amacıyla bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada farklı voltajlarda ve farklı zamanlarda gerçekleştirilen soğuk plazma uygulaması sonucunda, 10 s boyunca 5950 V'da uygulanan hava plazmasından sonra tohumların yüzey geçirgenliğini önemli ölçüde iyileştirdiği, tohum çimlenmesi ve fide çıkışının hızlanmasına katkı sağladığı belirlenmiştir. Çevresel strese karşı geliştirilen katalaz aktivitesi ve katalaz izoenzim ekspresyonunda artış meydana gelirken, fidelerdeki malondialdehit içeriği azalmıştır. 10 s boyunca 4250 V'da ve 20 s boyunca 5950 V'da uygulanan plazma işleminden sonra ise, tohum çimlenmesinde artış olmasına rağmen, fide oluşum oranlarında belirgin bir farklılık görülmemiştir. 20 s boyunca 3400 V'da ve 10 s boyunca 5100 V'da uygulanan plazma işlemlerinden sonra ise tohumların geçirgenliği ve fide oluşumunun azaldığı belirlenmiştir.

Bormashenko ve ark., (2015), RF hava plazması kullanarak fasulye bitkisinin tohumlarında su emilimi ve ıslanabilirlik özelliklerini değerlendirip, kotiledon ile tohum kabuğunun ıslatılmasında plazma uygulamasının etkisini incelemişlerdir. 120 s süreyle plazma ve 180 s süreyle vakum uygulanan fasulye tohumlarında, tohum kabuğunun dış yüzeyinin belirgin şekilde hidrofilize olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile soğuk plazma uygulamasının tohumlarda su emilimini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

Matra, (2016), gerçekleştirdiği bir çalışmada; argon gazlı plazma jeti kullanarak, turp (*Raphanus sativus*) tohumlarının çimlenme parametrelerini incelemek için atmosferik soğuk plazmanın etkilerini incelemiştir. Tohumların çimlenmesi için uygun koşulları elde etmek amacıyla farklı plazma üretim gücü (90 ve 140 W) ve plazma uygulama süresi (120, 240 ve 360 s) denenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 140 W'lık ve 360 s'lik uygulamadan 7 gün sonra kontrol grubuna göre (4.5 cm) daha yüksek (7.5 cm) kök uzunluğu belirlenmiştir.

Štěpánová ve ark., (2017), tarımda yaygın olarak kullanılan salatalık (*Cucumis sativus* L.) ve biber (*Capsicum annuum* L.) tohumlarına atmosferik hava kullanılan ve diffüz koplanar yüzey bariyeri deşarjı ile oluşturulan plazma uygulayarak tohumların çimlenme özelliklerinin geliştirilmesini ve bazı hastalık yapıcı patojenlerin giderilmesini sağlamak üzere bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Uygulama sonrasında her iki tür



tohumun yüzey morfolojisinde önemli bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. Salatalık tohumlarının çimlenmesi için en iyi uygulama süresi 20 s, biber tohumları için ise 4 s olarak belirlenmiştir. Plazma uygulanmayan kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ise plazma uygulaması gerçekleştirilen salatalık tohumlarında çimlenme oranı %92 iken, biber tohumlarında bu oran %72 olarak belirlenmiştir.

Jiang ve ark., (2018), tarafından domates (*Solanum lycopersicum L.*) bitkisinde helyum gazı kullanılan ve RF deşarj ile oluşturulan soğuk plazma uygulamasının tohum çimlenmesi, fide büyümesi, kök morfolojisi ve besin alımı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla; tohumlara 60, 80 ve 100 W'lık RF plazma uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre 80 W'lık uygulamanın domates tohumlarında; azot ve fosfor emilimini sırasıyla %12.7 ve %19.1, tohumun çimlenme potansiyelini %11.1 ve çimlenme oranını %13.8 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Toplam kuru ağırlık, kök kuru ağırlığı, sürgün oranı ve yaprak alanı gibi fide büyüme özellikleri, 80 W'lık uygulamadan sonra önemli ölçüde artmıştır. Kök aktivitesi 80 W'luk uygulama ile %15.7, 100 W'luk uygulama ile %12.6 oranında artış göstermiştir. 80 W'lık uygulamanın, domates kök morfolojisi ve kök uzunluğu, yüzey alanı ve hacmini sırasıyla %21.3, %23.6 ve %29.0 oranında arttırdığı tespit edilmiştir.

de Groot ve ark., (2018), tarafından, hava ve argon gazı kullanılarak işletilen DBD plazmanın pamuk (*Gossypium hirsutum L.*) tohumlarında çimlendirme oranı üzerine etkileri incelenmiş ve hava kullanan 1620 s'lik plazma uygulamasının tohumun su emilimini önemli ölçüde artırabildiği, çimlenmeyi ve pamukta soğuk toleransını iyileştirdiği belirlenmiştir. Argon gazı ile çalıştırılan plazma uygulaması, genel olarak tüm denemelerde hava ile çalıştırılan plazmaya göre daha düşük sonuçlar vermiştir.

Yodpitak ve ark., (2019), gerçekleştirdikleri çalışmada argon gazı kullanılarak işletilen DBD plazmanın 20-300 s zaman aralığında ve 100, 135, 170 ve 200 W'lık işletim parametrelerinde, çeltik (*Oryza sativa L.*) tohumlarının gelişimlerini incelemiştir. Optimum plazma koşullarıyla (135 W, 75 s) işleminden sonra, en hassas çeltik çeşidinin çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu ve fide yüksekliği ölçümleri sırasıyla %84, %57 ve %69 oranında artmıştır.

## Soğuk Plazmanın Tohum Dekontaminasyonu Üzerine Etkisi

Çeşitli bitki türlerinin tohumlarında düşük çimlenme oranının nedeni, genellikle fitopatogenik bakteriler ve filamentöz fungusların kontaminasyonu ile ilişkilidir (Zahoranová ve ark., 2016). Gıdalar üzerinde kontaminasyona neden olan bakteriler genellikle, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella sp.* olarak belirlenmiştir. Bunların yanı sıra çeşitli virüsler, bakteriyel toksinler, pestisit kalıntıları ve mikotoksinler de gıdalar üzerinde olumsuz etkiler oluşturan gruplardır. Çeşitli bakteriler ve yüksek derecede dirençli sporlar gıdalar üzerinde biyofilm oluşturarak dezenfeksiyonun zorlaştırırlar (Bourke ve ark., 2017). Ayrıca tarımsal ürünlerin; *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* gibi fungus türlerinin ürettiği bir sekonder metabolit olan mikotoksinler ile kontaminasyonu da oldukça ciddi bir sorundur. Mikotoksinler; insan ve hayvan sağlığı için

oldukça tehlikeli olup, hepatotoksik, teratojenik, metajenik, kanserojenik ve nefrotoksik etkiler gösterebilirler (Reddy ve ark., 2009).

Çeşitli tohumların, meyve ve sebzelerin yüzey sterilizasyonunun gerçekleştirilmesi ve mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması için soğuk plazma teknolojisinin kullanımı yaklaşık 10 yıllık bir süredir araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmektedir (Será ve Serý, 2018). Soğuk plazma uygulamasının, birçok gıda ürünüde gözlenen *E. coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Clavibacter michiganensis*, *Erwinia amylovora*, *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Microdochium nivale*, *F. culmorum*, *Trichothecium roseum*, *Aspergillus flavus*, *A. clavatus* *Fusarium spp.* gibi çeşitli mikroorganizmaların plazma tarafından üretilen reaktif türlere maruz kalarak inaktive olduğu ve bu şekilde etkili bir sterilizasyon yönteminin gerçekleştirilebildiği ifade edilmiştir (Será ve ark., 2019; Han ve ark., 2016).

Soğuk plazmanın oluşturduğu reaktif türler, mikroorganizmalar ile kimyasal olarak etkileşime girerek hücre yüzeylerinde lezyonlar oluştururlar. Mikroorganizmaların hücre zarından geçebilen bu reaktif türler bu geçiş sırasında; membran lipitleri, proteinler ve nükleik asitler gibi zara ait makromoleküller ile reaksiyona girerler ve hücre bütünlüğünde ciddi bir hasara neden olurlar. Bu hasara bağlı olarak DNA modifikasyonları ve hatalı hücre replikasyonları oluşur (Kim ve ark., 2014). Reaktif türlerin verdiği hasara ek olarak, plazma kaynaklı UV fotonlarının hücre zarına ve hücrenel bileşenlere verdiği zararlar da eklenince mikroorganizmalar inaktive edilir (Kim ve ark., 2017). Bu özellikleriyle değerlendirildiğinde, tohumlarda görülen mikrobiyal kontaminasyonun elimine edilmesinde soğuk plazma kullanımı; etkin bir mikrobiyal aktivite gösteren, kimyasal atık oluşturmayan ve tohum canlılığının devamlılığını sağlayan, umut verici bir yöntem olarak görülmektedir (Waskow ve ark., 2018).

Schnabel ve ark., (2012), *Brassica napus* (kolza) tohumları üzerine enfekte edilen *Bacillus atrophaeus* endosporlarına karşı argon gazlı DBD ve dolaylı MCP plazmanın antimikrobiyal etkinliği araştırmışlardır. Çalışmada ayrıca soğuk plazma uygulamasının, çimlenme özelliklerine etkisini de incelenmişlerdir. 9000 s'lik uygulama sonrasında *Bacillus atrophaeus* için 0.5 ve 5.2 log arasında mikroorganizma eliminasyonu sağlanırken, tohumların canlılığı/yaşayabilirliği plazma uygulamalarından etkilenmemiştir. Tohumların çimlenme oranında belirgin farklılıklar olmazken çimlenme hızında kayda değer bir artış gözlenmemiştir.

Filatova ve ark., (2013), gerçekleştirdikleri çalışmada, RF hava plazması sisteminin düz ve silindirik deşarj olmak üzere 2 farklı çeşidini kullanarak; kışık buğday (*Triticum aestivum L.*), mısır (*Zea mays L.*) ve acı bakla olarak bilinen lüpen (*Lupinus angustifolius*) tohumları üzerinde *Fusarium spp.* ve *Aspergillus nigar* türlerinin inaktivasyonunu araştırmışlardır. Farklı zamanlarda ve farklı güçte tohumlar üzerine uygulanan plazma işleminden sonra kışık buğdayda düz deşarj RF plazması ile *Fusarium* enfeksiyon yüzdesi %38'den %15 oranına düşürülmüştür. Buğdayda, 600 s'ye kadar olan plazma uygulaması her iki plazma türünde toplam enfeksiyonu azaltırken, daha uzun uygulama sürelerinin enfekte tohum yüzdesini arttırdığı belirlenmiştir. Bu durumun nedeni; tohum kabuğunun katmanlarının zarar görmesi sebebiyle tohumun enfeksiyona daha açık hale gelmesinden kaynaklanabileceği olarak ifade edilmiştir. Mısır tohumlarında ise, *Aspergillus niger*'in toplam enfeksiyon yüzdesi düz deşarj plazma ile %65'ten %35'e kadar düşürülmüş, mısır ve lüpen için 480 s'lik

uygulamanın inaktivasyon için uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda plazma uygulamasının, dünya genelinde buğdayda görülen en zararlı kök hastalık etmeni olan *Fusarium spp.*'nin inaktivasyonunda etkili bir araç olduğu belirlenmiştir.

Mitra ve ark., (2014), gerçekleştirdikleri bir çalışmada yüzey mikro deşarj hava plazma teknolojisini kullanarak *Cicer arietinum* (nohut) tohumlarının üzerinde bulunan doğal mikrobiyotanın (*Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Sclerotinia*, ve *Rhizopus* türleri) azaltılmasını amaçlamışlardır. Soğuk plazma uygulama süresinin artışıyla birlikte, tohum yüzeyine bağlanan doğal mikrobiyotanın önemli ölçüde azalması sağlanmış, 120 ve 300 s'lik uygulamalar sonrasında mikrobiyotada sırasıyla 1 ve 2 log indirgeme elde edilmiştir.

Nishioka ve ark., (2014), çeltik tohumlarında enfeksiyona sebep olan patojen fungus *Rhizoctonia solani*'nin eliminasyonu amacıyla 600 s süreyle atmosferik basınç ve düşük basınç plazma uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Tohumlarda, 600 s süreli atmosferik basınç plazma uygulaması sonucunda *R.solani* sağkalım oranı %3'e düşürülmüş, ancak tohumların çimlenme oranı da azalmıştır. Düşük basınçlı plazma uygulamasında ise sağkalım oranı %83'den %1.7'ye düşürülmüş ancak çimlenme oranında kontrol grubuna göre belirgin bir farklılık olmamıştır.

Ziuzina ve ark., (2014), yaptıkları çalışmada dielektrik bariyer deşarjı (70 kV) ile oluşturulan atmosferik soğuk plazma cihazının, cherry domates ve çilek üzerinde bulunan *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* *Typhimurium* ve *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada; 10, 60 ve 120 s'lik zaman periyodunda plazma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Domates yüzeyinde gerçekleştirilen 10, 60 ve 120 s'lik plazma uygulamasından sonra, *S. enterica*, *E. coli* ve *L. monositogen* popülasyonlarında sırasıyla 3.1, 6.3 ve 6.7 log<sub>10</sub> CFU/örnek azalma gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, çileklerin daha karmaşık bir yüzeye sahip olması nedeniyle yapılan plazma uygulama süresi 300 s'ye çıkarıldıktan sonra *E. coli*, *S. enterica* ve *L. monositogen* popülasyonlarında 3.5, 3.8 ve 4.2 log<sub>10</sub> CFU/örnek'lik bir azalma gerçekleşmiştir.

Kordas ve ark., (2015), düşük basınçlı hava plazmanın, kışık buğday taneleri üzerinde kolonileşmeye neden olan fungus türleri üzerindeki potansiyel etkisini ve bu sürecin tohum kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Farklı sürelerde (3, 10, 30 s) ve farklı frekanslarda (100 ve 83 Hz) gerçekleştirilen plazma uygulaması sonucunda, optimum 10 s'lik uygulamanın, taneler üzerinde oluşan fungus kolonilerinin sayısını azalttığını bildirmişlerdir. Aynı zamanda soğuk plazma uygulamasının ilk büyüme aşamasında tohum gelişimine olumlu bir etkisi olduğunu da kanıtlamışlardır.

Abdi ve ark., (2016), gerçekleştirdikleri çalışmada Ar ve Ar-O<sub>2</sub> kombinasyonunun kullanıldığı bir DBD plazma uygulaması ile kimyon tohumlarında (*Cuminum cyminum* L.) gram negatif ve gram pozitif bakterilerin dekontaminasyon etkinliğini incelemişlerdir. Tohumlar üzerine 1200, 1800 ve 2400 s boyunca plazma uygulaması gerçekleştirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre Ar gazının kullanıldığı 2400 s'lik ve Ar-O<sub>2</sub> gazının kullanıldığı 1200 s'lik plazma işleminden sonra yaşayan mikroorganizma sayısı sifira indirilmiştir.

Kim ve Min, (2018), soğan (*Allium cepa* L.) kuru pullarında enfekte olan *Salmonella enterica* serovar Enteritidis, *E. coli* O157: H7 ve *Listeria monocytogenes*'nin inaktivasyonunu gerçekleştirmek amacıyla helyum

gazı ile işlenen DBD plazmanın etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada DBD plazma uygulama sıklığı ve süresinin artışının bağlı olarak mikroorganizmaların azaldığı belirlenmiştir.

Thomas-Popo ve ark., (2019), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada atmosferik soğuk plazmanın, buğday taneleri üzerinde Shiga-toksin üreten *E. coli*, *Salmonella enterica* ve doğal mikroflorayı yok etmedeki etkinliğini incelemişlerdir. 300, 600, 900 ve 1200 s'lik atmosferik hava ile işlenen DBD plazma uygulamasının ardından elde edilen sonuçlara göre; 1200 s'lik uygulama sonrasında mikroorganizma canlı sağkalım oranları TAL (Thin agar layer) ortamı ve SEL (Selective) agar üzerinde belirlenmiştir. TAL ve SEL sayımı sonrasında mikroorganizma canlı sağkalım oranlarında (log CFU/g), sırasıyla, 3.09 ve 4.84 (*E. coli*) ve 4.40 ve 4.32 (*S. enterica*) azalma olduğu belirlenmiştir. 1200 s boyunca plazma uygulamasından sonra, mezofiller, psikrotroflar ve *Enterobacteriaceae* 'nin log CFU/g azalmaları oranları ise sırasıyla 0.96, 2.14 ve 1.38 olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, maya ve küller sadece 600 s'lik uygulama sonunda tamamen yok edilmiştir.

## Soğuk Plazma Uygulamasının Toprak Zenginleştirme Üzerine Etkisi

Atık emisyonlar, böcek ilaçları, kimyasal gübreler, atık su sızıntıları, atmosferik birikintiler ve endüstrinin teknolojik gelişiminin hızlanması gibi sebeplere bağlı olarak oluşan toprak kirliliği, son yıllarda yoğun bir şekilde karşılaşılan küresel bir çevre problemidir (Bali ve ark., 2019). En gelişmiş ülkeler için bile kirlenmiş arazinin iyileştirilmesi ve suyun arındırılması karmaşık ve maliyetli bir sorundur. Toprak yıkama, bitki özütleme, elektrokinetik iyileştirme, fitostabilizasyon ve biyoremediasyon dahil olmak üzere kirlenmiş toprakların iyileştirilmesi için kullanılan çok çeşitli teknolojiler mevcuttur (Chiang ve ark., 2016). Bu tekniklerin bazıları çok fazla enerji tüketip, düşük iyileştirme verimliliği göstermekle birlikte çoğu zaman üretilen gazların veya sıvıların arıtılmasını da gerektirmektedir. Bu tekniklere bağlı olarak karşılaşılan bir diğer sorun ise kirletici kütlelerin bir kısmının havaya ve yeraltı sularına karışmasıdır. Tüm bu nedenlerden dolayı, organik kirleticilerin topraklardan hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlayan, su veya havaya karışmasını engelleyen ve diğer çevresel etkileri en aza indirgeyen uygun maliyetli teknolojilere gereksinim duyulmaktadır (Aggelopoulos ve ark., 2013) (Tablo 4). Tüm bu dezavantajlar araştırmacıları; toprak ve su kaynaklarının iyileştirilmesi için daha düşük maliyetli teknolojileri araştırmaya yönlendirmiş ve soğuk plazma teknolojileri iyi bir alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ohta, 2016).

Soğuk plazma tekniği son yıllarda, çeşitli kirleticilerle seçici olmayan şekilde reaksiyona girebilmesi nedeniyle, kirlenmiş toprağın iyileştirilmesi için dikkat çeken hızlı ve etkili bir alternatif uygulama tekniği haline gelmiştir. (Li ve ark., 2017).

**Çizelge 4.** Toprak Zenginleştirme Alanında Soğuk Plazma Uygulamasının Sağladığı Avantaj ve Dezavantajlar

MEKANİZMA	AVANTAJ	DEZAVANTAJ
-Kontaminantların tahribatına önemli ölçüde katkıda bulunabilecek yüksek enerjili elektronların ve çeşitli kimyasal reaktif türlerin üretimi (ROS ve RNS) (Cheng ve ark., 2016; Stryczewska ve ark., 2013)	-Çeşitli radikaller ve oksitleyici bileşenleri üretmek için yüksek verimlilik, -Çeşitli kontaminantlar ve farklı konsantrasyonlar için geniş uygulanabilirlik, -Toprağın ön işlem süreci için düşük gereksinim, -Kirlenici maddelerin hızlı ve nispeten tam yıkımı, -Hızlı başlangıç ve sürecin kapatılması, -Basit ve kompakt tasarım, -Düşük sermaye ve işletme maliyetleri, -Diğer tekniklerle kombinasyona iyi uyum (Cheng ve ark., 2016, Stryczewska ve ark., 2013; Stryczewska ve ark, 2005)	-Derinlemesine çalışma gerektiren karmaşık süreç, -Plazma kimyasal reaksiyonları için bağıl kontrol edilemezlik, -Büyük hacimli plazmanın üretilmesi ve sürdürülmesi zorluğu (Cheng ve ark., 2016; Kulkarni ve ark., 2008)

Redolfi ve ark., (2010), atmosferik basınçta DBD reaktörü ile toprak matrisindeki kerosen bileşenlerinin oksidasyonunu inceledikleri bir çalışmada, plazma uygulaması ile topraktaki hidrokarbon türevli kerosen kirlenmelerin %90'a kadar uzaklaştırılabildiğini belirlemişlerdir. Ayrıca; toprak matrisinde gaz fazında oksidasyonun ardından, kerosen desorpsiyonuna göre kerosen oksidasyonunun daha fazla teşvik edildiği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, plazma teknolojisinin biyoremediasyon ile bağlantılı olarak toprağın iyileştirilmesi için umut verici bir oksidasyon tekniği olabileceği belirtilmiştir.

Lou ve ark., (2012), gerçekleştirdikleri bir çalışmada kloramfenikol ile kontamine olan toprağın iyileştirilmesi için atmosferik basınç DBD plazma uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre kloramfenikol bozunma verimliliğinin; toprağın nem içeriğine, plazma gazına ve uygulanan voltaja bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada, aktif türlerin daha yüksek üretimi nedeniyle uygulanan voltajın artırılmasıyla kloramfenikol ayrıştırmasının daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceğini de tespit etmişlerdir. Bununla birlikte farklı gaz atmosferlerinde (O<sub>2</sub>, hava, N<sub>2</sub>, Ar) yapılan deneyler sonucunda, O<sub>3</sub>'ün kloramfenikol bozulmasına büyük katkı sağladığı belirlenmiştir. Yüksek oksijen akış hızı, topraktaki kloramfenikolün azaltımını desteklemiş ve optimum toprak nem içeriği %10 olarak bildirilmiştir.

Lu, Lou ve ark., (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada, DBD plazma kullanarak, Asit Scarlet GR boyası ile kirlenmiş toprağa farklı zamanlarda ve farklı deşarj sıklığında DBD plazma uygulayarak toprak üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, 1500 s'lik DBD plazma uygulamasından sonra boyanın %93 oranında azaltıldığı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma, asit scarlet GR'nin topraktan uzaklaştırılması için uygun bir yol olarak bildirilmiştir.

Wang ve ark., (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada P-nitrofenol (PNP) ve pentaklorofenol (PCP) karışımları ile kirlenmiş toprağın iyileştirilmesi için hava gazı etkili CP plazma uygulamasının etkinliğini incelemişlerdir. 300 mg/kg PCP ve 300 mg/kg PNP ile kontamine edilen toprakta plazma uygulaması ile %86.0 PNP ve % 94.1 PCP giderimi elde edilmiştir.

Wang ve ark., (2016), gerçekleştirdikleri çalışmada glifosat ile kirlenmiş toprağın iyileştirilmesi amacıyla DBD plazma uygulamasının etkinliğini incelemişlerdir ve plazma uygulamasıyla iyileştirilen toprağı daha sonra

tohum çimlenme testi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada, glifosatın yaklaşık %93.9'unun, 0.47 g/kWh'lik enerji ile 2700 s boyunca uygulanan DBD plazma ile giderilebildiği belirlenmiştir. Plazma voltajının artırılması ve toprağın organik madde içeriğinin azaltılması ile glifosat degradasyonunun kolaylaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca plazma uygulamasından sonra iyileştirilen toprak üzerinde buğday tohumları ile yapılan çimlenme testinde, tohumların çimlenmesine engel teşkil edecek herhangi bir olumsuz etkiye rastlanmadığı da bildirilmiştir.

Zhan ve ark., (2018), gerçekleştirilen çalışmada fluoren ile kirlenmiş toprağı iyileştirmek amacıyla CP plazma etkinliğini incelemişlerdir ve pozitif-negatif gücün, deşarj geriliminin, deşarj sıklığının, elektrot boşluğunun, toprak neminin ve toprak pH'nın fluoren degradasyon verimine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre optimal koşullarda (Deşarj gerilimi 30 kV, deşarj frekansı 50Hz ve elektrot aralığı 20mm) 2700 s'lik plazma uygulamasından sonra fluoren degradasyon oranının %99'a ulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca toprağın içine direkt olarak uygulanan plazmanın, yüzeysel uygulamadan daha etkili sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Ayrıca düşük nem içeren, nötr ya da alkali topraklarda degradasyon veriminin daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir.

## Soğuk Plazma ile Su Muamelesi (Plazma Aktif Su)

Son yıllarda yapılan araştırmalara göre; 2025 yılına gelindiğinde küresel olarak en az 1,8 milyar insanın mutlak su kıtlığından etkileneceği tahmin edilmektedir. Günümüzde ise dünya nüfusunun yaklaşık olarak %25'inin tarımsal üretimin sürdürülmesi için gereken su kaynaklarından yoksun olduğu düşünülmektedir. Bitkilerin fizyolojik durumunu etkileyerek büyümesini engelleyen su stresi göz önüne alındığında, tarımın sürdürülebilirliği ve suyun etkin kullanımı için uygun maliyetli, çevre dostu ve yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi bir gereklilik haline gelmiştir (Peethambaran ve ark., 2015; Çamoğlu ve ark., 2018).

Soğuk plazma, son yıllarda gelişmekte olan ve çevresel problemlere karşı sunduğu avantajlar nedeniyle oldukça büyük bir ilgi gören sterilizasyon ve yüzey modifikasyon yöntemidir (Liao ve ark., 2020). Soğuk plazma teknolojisinin su yüzeyine veya suyun altına uygulanması ile elde edilen ve soğuk plazmanın dolaylı uygulaması olarak sınıflandırılan yöntem **plazma aktif su** (Plasma activated water-PAW) olarak adlandırılır. Kullanılan gaz, enerjiye ve plazmanın kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak plazma uygulanan suda birtakım reaksiyonlar gerçekleşir. Bu reaksiyonlar sonucunda, uygulama yapılan sıvı veya sıvı-gaz arayüzeyinde ROS ve RNS gibi reaktif türler açığa çıkar. Uygulama yapılan suda asidik bir ortam oluşturan bu türler, suyun bazı özelliklerinde önemli değişiklikler meydana getirir. Değişen bu özellikler; pH, redoks potansiyeli, iletkenlik, nitrit grupları ve nitrit konsantrasyonudur. PAW teknolojisinin sahip olduğu bu farklı kimyasal bileşim, mikrobiyal dezenfeksiyon için alternatif bir yöntem olarak kullanılmasında etkilidir. (Kakati ve ark., 2019; Thirumdas ve ark., 2018; Shen ve ark., 2016). PAW, su içerisinde ya da suyun yüzeyinde plazma deşarjı kullanılarak üretilir. Bu deşarjların ortak özelliği çeşitli reaktif türleri üretebilmeleridir. Direkt olarak su içinde uygulanan plazma deşarjı gaz plazma sistemlerinden çok daha düşük bir enerji verimliliğine sahiptir. PAW, yüksek bir oksidasyon-redüksiyon potansiyeli oluştururken düşük bir pH'a sahiptir (Ma ve ark., 2015).



Günümüzde PAW teknolojisine karşı olan ilgi, biyoloji ve tıp bilimlerinin yanı sıra tarım ve gıda endüstrisindeki potansiyel uygulamaları nedeniyle son yıllarda büyük ölçüde artmıştır (Bradu ve ark., 2020). Tarımsal uygulamalarda özellikle suyun verimli kullanımı, ürün kalitesinin artırılması, kimyasal ve böcek ilaçlarının azaltılması için çevre dostu bir uygulama olarak önerilmektedir (Porto ve ark., 2018). Ayrıca PAW ile temas halinde olan tohumlarda ROS ve RNS'nin etkileşimiyle; çimlenme oranı ve bitki büyümesi artırılarak tohum dekontaminasyonu da etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda, PAW içerisinde eser miktarda bulunan metal iyonlarının (özellikle bakır ve çinko) bakteri inaktivasyonunda önemli rolleri olduğu ve antibakteriyel aktiviteye katkısının çalışmada kullanılan gaza bağlı olarak değişiklik gösterdiği de belirlenmiştir (Padureanu ve ark., 2018; Chen ve ark., 2018; Thirumdas ve ark., 2017).

Zhang ve ark. (2017b); mercimek tohumlarında çimlenme oranı ve kök uzama oranı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, atmosferik basınçlı plazma jeti (APPJ) kullanarak musluk suyu, demineralize su ve sıvı gübreyi aktive etmişlerdir. Musluk suyu ile elde edilen PAW'ın uygulandığı tohumlarda %80'e kadar çimlenme oranı elde edilmiştir. Ayrıca ticari gübre ile karşılaştırıldığında PAW uygulaması yapılan sıvı gübre ile daha yüksek bir gövde uzunluğu sağlanmıştır.

Qi ve ark. (2019), gerçekleştirdikleri bir çalışmada endüstriyel olarak kullanılan ve yeraltı suyuna karışarak insan sağlığı için oldukça tehlikeli bir kirletici olan Dimetil Flatat'ın, mikroplazma yardımıyla su içindeki degradasyonunu incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; 17.8 W'da 1200 s boyunca yeraltı suyuna uygulanan plazma işleminden sonra, Dimetil Flatat'ın degradasyon oranının %99.9'a olarak belirlenmiştir.

Zheng ve ark. (2019), gerçekleştirdikleri çalışmada tarımsal ürünlerdeki pestisit kalıntılarını azaltmak için PAW etkinliğini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada bir plazma jet ile oluşturulan PAW etkinliği asma bitkisinde foksim oranının azaltılması için kullanılmıştır. 600 s'lik PAW uygulamasından sonra asmalarda foksim degradasyon oranı %73.60 olarak belirlenmiştir. Ayrıca PAW'ın asidik doğasının ve oksidasyon kapasitesinin pestisitlerin azaltılmasında etkili olduğu da bildirilmiştir.

Xiang ve ark. (2019), gerçekleştirdikleri çalışmada atmosferik plazma jet ile oluşturulan PAW'ın maş fasulyesinde mikrobiyal dekontaminasyon etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 1800 s boyunca PAW içine daldırılan maş fasulyelerinde, toplam aerobik bakteri ve maya-küf popülasyonları sırasıyla 2.33 ve 2.84 log<sub>10</sub>CFU/g azalmıştır. Bu veriler PAW'ın filizlerde mikrobiyal kontaminasyonun kontrolü için umut verici bir teknoloji olarak kullanabileceğini göstermektedir.

## **Soğuk Plazmanın *In Vitro* Koşullarda Bitkisel Materyale Etkisi**

Bitki biyoteknolojisinin en önemli uygulama alanlarından biri olan bitki doku kültürü yöntemleri, bitkilerin totipotensi (tek bir hücreden tam bir bitki üretimi) ve hücre plastisitesi (kültür hücrelerinin bölünme ve farklılaşma kapasitesi) özelliklerine dayanan modern bir uygulama tekniğidir. Bitki biyolojik sistemlerinin manipülasyonunu gerçekleştiren bu alan günümüzde hem akademik anlamda hem de ticari anlamda



uygulanmakta olup, insan ve çevre refahı için kullanılan eşsiz bir yöntemdir. Bitki biyoteknolojisinin başarısı, biyoteknolojik yaklaşımların bitki doku kültürü temel ilkeleri ile doğru kullanımına bağlı olup, bitki biyolojisi hakkında derin bir bilgi birikimi gerektirir. Bitki doku kültürü yöntemleri ile bitkisel uygulamalarda elde edilen başarı günümüzde beklenenin de ötesine geçmiş durumdadır (Altman, 2019; Singh, 2018; Anis ve Amad, 2016).

Bitki doku kültürü çalışmaları, bitki gelişim süreçlerini etkileyen morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal, genetik ve epigenetik değişikliklerin ortaya çıkmasına neden olabilecek bir dizi işlemler içerir. *In vitro* kültürlerde bitki elde etme konusunda yarım yüzyıllık bir araştırma alanı bulunmasına rağmen, birçok yönü de hala araştırılmaya devam etmektedir (Bednarek ve Orłowska, 2019). *In vitro* doku bitki doku kültürü, sürdürülebilir tarım için ümit verici bir role sahip olan güçlü bir teknolojidir ve çok az kimyasal kullanımıyla üstün kalitede elit ve hastalısız bitkiler üretmek için büyük bir potansiyeldir (El-Sherif, 2018). Yeni ürünler geliştirmeye duyulan taleplerin artışıyla birlikte, *in vitro* doku kültürü bitki materyallerinin seri üretimi için zorunlu bir teknik haline gelmiştir. Ayrıca *in vitro* doku kültürü yöntemleri belirli bileşenlerin üretiminin ve birikiminin arttırmasında biyosentetik yolların manipülasyonuna olanak sağlayarak, fenolik bileşenler gibi bazı biyoaktif bileşenlerin üretimi için kullanılma potansiyeli oldukça fazladır (Dias ve ark., 2016).

Soğuk plazma teknolojisinin diğer teknolojiler ile kolaylıkla uyum sağlayabilen benzersiz özellikleri göz önüne alındığında, *in vitro* koşullarda bitki manipülasyonu için çeşitli amaçlara katkıda bulunabileceği birkaç alan olduğu düşünülmektedir. Bu alanlardan en önemlisi, bitki doku kültüründe uygulamalarında önemli bir kısıtlayıcı faktör olan tohum kaynaklı kirlenmenin, plazmanın antimikrobiyal etkileri ile giderilebileceğidir. Ancak plazma ile ön muamelesi gerçekleştirilen bitki eksplantlarının *in vitro* koşullardaki davranışı, anatomisi, fizyolojisi, morfogenezi, organogenezi ve fide büyümesi üzerindeki potansiyel yararları hakkında çalışmalar oldukça sınırlı olmasının yanında, olası tepkiler ve ilgili mekanizmalar henüz yeterince bilinmemektedir. Bu nedenle, bitki teknolojisindeki plazma teknolojisinin *in vitro* koşullarda işlevsel hale getirilmesi için yenilikçi ve inandırıcı araştırmalar yapılması gerekmektedir (Moghanloo ve ark., 2019; Iranbakhsh ve ark., 2018).

Safari ve ark., (2017), gerçekleştirdikleri çalışmada soğuk plazmanın dolmalık biberin (*Capsicum annuum*) yapısı ve büyüme modeli üzerindeki olası etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Tohumlara 60 ve 120 s boyunca argon türevli bir plazmaya ( $0.84\text{Wcm}^{-2}$  yüzey güç yoğunluğu) uygulaması gerçekleştirildikten sonra tohumlar, BA ve IAA bitki büyüme düzenleyicileri içeren MS (Murashige ve Sloop, 1962) besin ortamında kültüre alınmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; 60 s'lik plazma uygulamasının, toplam yaprak alanı ile birlikte sürgün ve kök uzunlukları üzerinde iyileştirici bir etkiye sahip olduğu ancak 120 s'lik uygulamanın olumsuz bir etki oluşturduğu belirlenmiştir.

## Sonuç

Soğuk plazma teknolojisi; bugünün ve geleceğin teknolojik gelişimi göz önüne alındığında, tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalan doğal kaynakların korunması ve yeni kaynakların geliştirilmesi için umut verici bir alternatif

uygulama alanıdır. Günümüz biyoteknolojisi soğuk plazma teknolojisinin tıp, medikal, polimer, tekstil, otomotiv ve elektronik gibi alanlarda karşılaşılan sınırlamalara sunduğu çözüm önerileri ile endüstriyel boyutta bir gelişim göstermektedir. Ancak bu benzersiz teknolojinin sağladığı geniş vizyon tarım alanındaki uygulamalar için yetersiz kalmaktadır. Bilimsel literatürde plazma tarım olarak adlandırılan uygulamalarda son 10 yıldır hızlı bir artış olsa da hala plazma-bitki etkileşimi hakkındaki bilgiler oldukça eksiktir. Dünya bitki biyoçeşitliliğinin giderek yok olması, toprak, hava ve su kirliliğinin engellenememesi ve artan insan nüfusuna bağlı olarak gıda talebinin karşılanamayacak olması gibi küresel problemlerin önlenmesi için tarımsal uygulamalarda soğuk plazma teknolojisinin etki oranı artırılmalıdır. Soğuk plazma teknolojisinin tohum dekontaminasyonunun giderilmesi, çimlendirme potansiyelinin artırılması, sürdürülebilir ürün geliştirme, toprak ve su kirliliğinin önlenmesi gibi konularda sunduğu avantajlar ortadayken bilgi eksikliğinin giderilmesi adına yapılacak olan geniş kapsamlı çalışmalar oldukça önemlidir. Ayrıca bitki biyoteknolojisinin en önemli uygulama alanlarından biri olan bitki doku kültürü uygulamalarıyla plazma teknolojisinin birleştirilmesi, bitki fizyolojik süreçlerinin anlaşılmasına yardımcı olabileceği gibi sürdürülebilirlik açısından etkili ürünlerin ortaya çıkarılmasında ve ürüne özel uygulamaların geliştirilmesine de önemli katkılar sağlayabilir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, tarım alanında uygulanacak olan bilimsel çalışmaların, bitkilerde plazma ile tetiklenen reaksiyonların anlaşılması ve geliştirilmesine yönelik incelenmesi ve özellikle *in vitro* uygulamalar ile çeşitlendirilmesinin gerekliliği önemle vurgulanmalıdır.

## Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Abdi, S., Dorranean, D., & Mohammadi, K. 2016. Effect of oxygen on decontamination of cumin seeds by atmospheric pressure dielectric barrier discharge plasma. *Plasma Medicine*, 6(3-4), 339–347.
- Aggelopoulos, C. A., Tsakiroglou, C. D., Ognier, S., & Cavadias, S. 2013. Ex situ soil remediation by cold atmospheric plasma discharge. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 649-656.
- Akan, T. 2006. Maddenin 4. Hali Plazma ve Temel Özellikleri. *Elektronik Çağdaş Fizik Dergisi*, 4.
- Altman, A. 2019. Plant tissue culture and biotechnology: Perspectives in the history and prospects of the International Association of Plant Biotechnology (IAPB). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55(5), 590-594.

- Anis, M. and Ahmad, N. 2016. *Plant tissue culture: a journey from research to commercialization: Plant Tissue Culture: Propagation, Conservation and Crop Improvement*. Springer, Singapore, pp: 3-13.
- Attri, P., Arora, B. and Choi, E. H. 2017. Retraction: Utility of plasma: a new road from physics to chemistry. *RSC Advances*, 7(26), 15735-15735.
- Babajani, A., Iranbakhsh, A., Ardebili, Z.O. and Eslami, B. 2019. Seed priming with non-thermal plasma modified plant reactions to selenium or zinc oxide nanoparticles: cold plasma as a novel emerging tool for plant science. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 39(1), 21-34.
- Baboo, R. A., 2018. Study on plasma chemistry for human health & waste management. *International Journal of Research and Analytical Reviews*. 5(1), 194-197
- Bali, N., Aggelopoulos, C. A., Skouras, E. D., Tsakiroglou, C. D. and Burganos, V. N. 2019. Modeling of a DBD plasma reactor for porous soil remediation. *Chemical Engineering Journal*, 373, 393-405.
- Baysal, T. ve İçier, F., 2012. Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler. *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara, 261-280p.
- Bednarek, P. T. and Orłowska, R. 2019. Plant tissue culture environment as a switch-key of (epi) genetic changes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 3, 1-13.
- Bogaerts, A. and Neyts, E. C. 2018. Plasma technology: an emerging technology for energy storage. *ACS Energy Letters*, 3(4), 1013-1027.
- Bormashenko, E., Shapira, Y., Grynyov, R., Whyman, G., Bormashenko, Y. and Drori, E. 2015. Interaction of cold radiofrequency plasma with seeds of beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Experimental Botany*, 66(13), 4013-4021.
- Bourke, P., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J. and Keener, K. 2018. The potential of cold plasma for safe and sustainable food production. *Trends in Biotechnology*, 36(6), 615-626.
- Bourke, P., Ziuzina, D., Han, L., Cullen, P. J. and Gilmore, B. F. 2017. Microbiological interactions with cold plasma. *Journal of Applied Microbiology*, 123(2), 308-324.
- Bradu, C., Kutasi, K., Magureanu, M., Puač, N. and Zivkovic, S. (2020). Reactive nitrogen species in plasma-activated water: generation, chemistry and application in agriculture. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 53(22), 223001.
- Brandenburg, R., Bogaerts, A., Bongers, W., Fridman, A., Fridman, G., Locke, B. R., Miller, V., Reuter, S., Schiorlin, M., Verreycken, T. and Ostrikov, K. 2019. White paper on the future of plasma science in environment, for gas conversion and agriculture. *Plasma Processes and Polymers*, 16(1), 1700238.
- Chen, T.P., Liang, J. and Su, T.L. 2018. Plasma-activated water: antibacterial activity and artifacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(27), 26699-26706.
- Cheng, M., Zeng, G., Huang, D., Lai, C., Xu, P., Zhang, C. and Liu, Y. 2016. Hydroxyl radicals based advanced oxidation processes (AOPs) for remediation of soils contaminated with organic compounds: a review. *Chemical Engineering Journal*, 284, 582-598.

- Chiang, P.N., Tong, O.Y., Chiou, C.S., Lin, Y.A., Wang, M.K. and Liu, C.C. 2016. Reclamation of zinc-contaminated soil using a dissolved organic carbon solution prepared using liquid fertilizer from food-waste composting. *Journal of Hazardous Materials*, 301, 100-105. Cotton seed germination improvement. *Scientific reports*, 8(1), 14372.
- Coutinho, N.M., Silveira, M.R., Rocha, R.S., Moraes, J., Ferreira, M.V.S., Pimentel, T.C., Freitas, M.Q., Silva, M.C., Raices, R.S.L., Ranadheera, C.S., Borges, F.O., Mathias, S.P., Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S. and Cruz A.G. 2018. Cold plasma processing of milk and dairy products. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 56-68.
- Çamoğlu, G., Demirel, K., Akçal, A., Genç, L., Su Stresinin Sofralık Domatesin Verimi ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 15-29.
- Daeschlein, G. 2018. Antimicrobial activity of plasma. *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Ed: Metelmann H.R., Woedtke T.V. and Weltmann K.D., Springer, Cham, pp: 113-125.
- de Groot, G.J., Hundt, A., Murphy, A.B., Bange, M.P. and Mai-Prochnow, A. 2018. Cold plasma treatment for Degutyte-Fomins, L., Pauzaite, G., Zukiene, R., Mildaziene, V., Koga, K. and Shiratani, M. (2020). Relationship between cold plasma treatment-induced changes in radish seed germination and phytohormone balance. *Japanese Journal of Applied Physics*, 59, 1001.
- del Río, L.A. 2015. ROS and RNS in plant physiology: an overview. *Journal of Experimental Botany*, 66(10), 2827-2837.
- Dias, M.I., Sousa, M.J., Alves, R.C., and Ferreira, I.C. 2016. Exploring plant tissue culture to improve the production of phenolic compounds: A review. *Industrial Crops and Products*, 82, 9-22.
- Dobrin, D., Magureanu, M., Mandache, N.B. and Ionita, M.D. 2015. The effect of non-thermal plasma treatment on wheat germination and early growth. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 255-260.
- Elbehri, A. 2015. Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Ed: Elbehri, A., FAO, Rome, Italy, pp: 1-19.
- El-Sherif, N.A. 2018. Impact of plant tissue culture on agricultural sustainability. *Sustainability of Agricultural Environment in Egypt: Part II*, Ed: Negm A.N., Abu-Hasim M., Springer, Cham, pp: 93-107.
- Farsund, A.A., Daugbjerg, C. and Langhelle, O. 2015. Food security and trade: reconciling discourses in the food and agriculture organization and the world trade organization. *Food Security*, 7(2), 383-391.
- Filatova, I., Azharonok, V., Lushkevich, V., Zhukovsky, A., Gadzhieva, G., Spasic, K., Zickovic, S., Puac, N., Lazovic, S., Malovic, G. and Petrovic, Z. L. 2013. Plasma seeds treatment as a promising technique for seed germination improvement. Proceeding of the 31st International Conference on Phenomena in Ionized Gases. 14-19 July 2013, Granada, Spain.
- Filatova, I.I., Lyushkevich, V.A., Kalatskaja, J.N., Goncharik, S.V., Mildaziene, V. and Pauzaite, G. 2018. Influence of plasma and radio-wave treatment of seeds on the accumulation of some secondary metabolites in plants. 29 Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases: SPIG 2018

- Contributed Papers & Abstracts of Invited Lectures, Topical Invited Lectures, Progress Reports and Workshop Lectures, Institut za nuklearne nauke VINCA, 28 Aug-1 Sep 2018, Belgrade, Serbia, 234p.
- Gavahian, M. and Khaneghah, A. M. (2020). Cold plasma as a tool for the elimination of food contaminants: Recent advances and future trends. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(9), 1581-1592.
- Graves, D.B., 2014. Low temperature plasma biomedicine: A tutorial review. *Physics of Plasmas*, 21(8), 080901.
- Han, L., Ziuzina, D., Heslin, C., Boehm, D., Patange, A., Sango, D.M., Valdramidis V.P., Cullen P.J. and Bourke, P. 2016. Controlling microbial safety challenges of meat using high voltage atmospheric cold plasma. *Frontiers in microbiology*, 7, 977.
- Han, Y., Cheng, J. H. and Sun, D. W. 2019. Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(5), 794-811.
- Hati, S., Patel, M. and Yadav, D. 2018. Food bioprocessing by non-thermal plasma technology. *Current Opinion in Food Science*, 19, 85-91.
- Henselová, M., Slovákóvá, E., Martinka, M., & Zahoranová, A. 2012. Growth, anatomy and enzyme activity changes in maize roots induced by treatment of seeds with low-temperature plasma. *Biologia*, 67(3), 490-497.
- Hoffman, C., Berganza, C. and Zhang, J., 2013. Cold Atmospheric Plasma: methods of production and application in dentistry and oncology. *Medical Gas Research*, 3(1), 21.
- Iranbakhsh, A., Ghoranneviss, M., Ardebili, Z.O., Ardebili, N.O., Tackallou, S.H. and Nikmaram, H. 2017. Non-thermal plasma modified growth and physiology in *Triticum aestivum* via generated signaling molecules and UV radiation. *Biologia plantarum*, 61(4), 702-708.
- Iranbakhsh, A., Ardebili, Z. O., Ardebili, N. O., Ghoranneviss, M. and Safari, N. 2018. Cold plasma relieved toxicity signs of nano zinc oxide in *Capsicum annuum* cayenne via modifying growth, differentiation, and physiology. *Acta physiologiae plantarum*, 40(8), 154.
- Iranbakhsh, A., Ardebili, Z. O., Molaei, H., Ardebili, N. O. and Amini, M. 2020. Cold plasma up-regulated expressions of WRKY1 transcription factor and genes involved in biosynthesis of cannabinoids in Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 40(2), 527-537.
- Jiang, J., Jiangang, L.I. and Yuanhua, D.O.N.G. 2018. Effect of cold plasma treatment on seedling growth and nutrient absorption of tomato. *Plasma Science and Technology*, 20(4), 044007.
- Jiayun, T., Rui, H.E., Xiaoli, Z., Ruoting, Z., Weiwen, C. and Size, Y. 2014. Effects of atmospheric pressure air plasma pretreatment on the seed germination and early growth of *Andrographis paniculata*. *Plasma Science and Technology*, 16(3), 260.
- Judée, F., Simon, S., Bailly, C. and Dufour, T. 2018. Plasma-activation of tap water using DBD for agronomy applications: Identification and quantification of long lifetime chemical species and production/consumption mechanisms. *Water research*, 133, 47-59.

- Kakati, B., Bujarbarua, S. and Bora, D. 2019. An eco-friendly, pollution-free process for seed germination and plant yield. *AIP Conference Proceedings*, 2091(1), 020021.
- Kim, J.E., Lee, D.U. and Min, S.C. 2014. Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma. *Food Microbiology*, 38, 128-136.
- Kim, J.E., Oh, Y.J., Won, M.Y., Lee, K.S. and Min, S.C. 2017. Microbial decontamination of onion powder using microwave-powered cold plasma treatments. *Food Microbiology*, 62, 112-123.
- Kim, J.H. and Min, S.C. 2018. Moisture vaporization-combined helium dielectric barrier discharge-cold plasma treatment for microbial decontamination of onion flakes. *Food Control*, 84, 321-329.
- Korachi, M., Özen, F., Aslan, N., Vannini, L., Guerzoni, M., Gottardi, D. and Ekinçi, F., 2015. Biochemical changes to milk following treatment by a novel, cold atmospheric plasma system. *International Dairy Journal*, 42, 64-69.
- Kordas, L., Pusz, W., Czapka, T. and Kacprzyk, R. 2015. The Effect of Low-Temperature Plasma on Fungus Colonization of Winter Wheat Grain and Seed Quality. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1).
- Kulkarni, P.S., Crespo, J.G. and Afonso, C.A. 2008. Dioxins sources and current remediation technologies—a review. *Environment International*, 34(1), 139-153.
- Kusano, Y. 2014. Atmospheric pressure plasma processing for polymer adhesion: a review. *The Journal of Adhesion*, 90(9), 755-777.
- Laroussi, M. and Leipold, F. 2004. Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. *International Journal of Mass Spectrometry*, 233(1-3), 81-86.
- Li, R., Liu, Y., Mu, R., Cheng, W. and Ognier, S. 2017. Evaluation of pulsed corona discharge plasma for the treatment of petroleum-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(2), 1450-1458.
- Liao, X., Xiang, Q., Cullen, P. J., Su, Y., Chen, S., Ye, X., ... & Ding, T. (2020). Plasma-activated water (PAW) and slightly acidic electrolyzed water (SAEW) as beef thawing media for enhancing microbiological safety. *LWT*, 117, 108649.
- Ling, L.I., Jiangang, L.I., Hanliang, S.H.A.O. and Yuanhua, D.O.N.G. 2018. Effects of low-vacuum helium cold plasma treatment on seed germination, plant growth and yield of oilseed rape. *Plasma Science and Technology*, 20(9), 095502.
- Los, A., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P.J. and Bourke, P. (2019). Investigation of mechanisms involved in germination enhancement of wheat (*Triticum aestivum*) by cold plasma: Effects on seed surface chemistry and characteristics. *Plasma Processes and Polymers*, 16(4), 1800148.
- Lotfy, K., Al-Harbi, N.A. and El-Raheem, H.A. 2019. Cold atmospheric pressure nitrogen plasma jet for enhancement germination of wheat seeds. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 39(4), 897-912.
- Lou, J., Lu, N., Li, J., Wang, T. and Wu, Y. 2012. Remediation of chloramphenicol-contaminated soil by atmospheric pressure dielectric barrier discharge. *Chemical Engineering Journal*, 180, 99-105.



- Lu, H., Patil, S., Keener, K. M., Cullen, P.J. and Bourke, P. 2014. Bacterial inactivation by high-voltage atmospheric cold plasma: influence of process parameters and effects on cell leakage and DNA. *Journal of applied microbiology*, 116(4), 784-794.
- Lu, N., Lou, J., Wang, C.H., Li, J. and Wu, Y. 2014. Evaluating the effects of silent discharge plasma on remediation of acid scarlet GR-contaminated soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(6), 1991.
- Ma, R., Wang, G., Tian, Y., Wang, K., Zhang, J. and Fang, J. 2015. Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce. *Journal of Hazardous Materials*, 300, 643-651.
- Mai-Prochnow, A., Murphy, A.B., McLean, K.M., Kong, M.G. and Ostrikov, K.K. 2014. Atmospheric pressure plasmas: infection control and bacterial responses. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 43(6), 508-517.
- Mandal, R., Singh, A. and Singh, A.P. 2018. Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry. *Trends in food science & technology*, 80, 93-103.
- Matra, K. (2016). Non-thermal plasma for germination enhancement of radish seeds. *Procedia Computer Science*, 86, 132-135.
- Misra, N.N., Keener, K.M., Bourke, P., Mosnier, J.P. and Cullen, P.J. 2014. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. *Journal of Bioscience And Bioengineering*, 118(2), 177-182.
- Misra, N.N., Schlüter, O. and Cullen, P.J. 2016. Cold plasma in food and agriculture: *Fundamentals and applications*. Academic Press, Elsevier, London, United Kingdom, 361p.
- Mitra, A., Li, Y.F., Klämpfl, T.G., Shimizu, T., Jeon, J., Morfill, G.E. and Zimmermann, J.L. 2014. Inactivation of surface-borne microorganisms and increased germination of seed specimen by cold atmospheric plasma. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 645-653.
- Moghanloo, M., Iranbakhsh, A., Ebadi, M., Satari, T.N. and Ardebili, Z.O. 2019. Seed priming with cold plasma and supplementation of culture medium with silicon nanoparticle modified growth, physiology, and anatomy in *Astragalus fridae* as an endangered species. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(4), 54.
- Nehra, V., Kumar, A. and Dwivedi, H.K. 2008. Atmospheric non-thermal plasma sources. *International Journal of Engineering*, 2(1), 53-68.
- Niemira B.A. and Gutsol A. 2010. Nonthermal plasma as a novel food processing technology: *Nonthermal Processing Technologies for Food*, Ed: Zhang, H.Q., Barbosa-Canovas, G.V., Balasubramaniam, V.M., Dunne, P.C., Farkas, D., Yuan, J., Blackwell Publishing IFT Press, West Sussex, United Kingdom, pp: 271–88.
- Niemira, B.A. 2012. Cold plasma decontamination of foods. *Annual review of food science and technology*, 3, 125-142.
- Nishime, T.M.C., Borges, A.C., Koga-Ito, C.Y., Machida, M., Hein, L.R.O. and Kostov, K.G. 2017. Non-thermal atmospheric pressure plasma jet applied to inactivation of different microorganisms. *Surface and Coatings Technology*, 312, 19-24.



- Nishioka, T., Takai, Y., Kawaradani, M., Okada, K., Tanimoto, H., Misawa, T. and Kusakari, S. 2014. Seed disinfection effect of atmospheric pressure plasma and low pressure plasma on *Rhizoctonia solani*. *Biocontrol Science*, 19(2), 99-102.
- Ohta, T., 2016. Plasma in Agriculture: *Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications*, Ed: Misra, N.N., Schlüter, O.K., Cullen, P.J., Academic Press, Elsevier, London, United Kingdom, pp: 205-218.
- Padureanu, S., Stoleru, V., Patras, A., Burlica, R., Dirlau, D., Astanei, D. and Beniuga, O. 2018. Effect of Non-Thermal Activated Water on *Lactuca Sativa* L. Germination Dynamic. 2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE), IEEE, 18-19 Oct. 2018, Iasi, Romania, p: 0889-0892.
- Pankaj, S.K. and Thomas, S. 2016. Cold plasma applications in food packaging: *Cold Plasma in Food and Agriculture*, Ed: Misra, N.N., Schlüter, O.K., Cullen, P.J., Academic Press, Elsevier, London, United Kingdom, pp: 293-307.
- Pankaj, S.K. and Keener, K.M. 2017. Cold plasma: Background, applications and current trends. *Current Opinion in Food Science*, 16, 49-52.
- Pankaj, S.K. and Keener, K.M. 2018. Cold plasma processing of fruit juices: *Fruit juices*, Ed: Rajauria G., Tiwari B.K., Academic Press, Elsevier, Dublin, Ireland, pp: 529-537.
- Pankaj, S.K., Wan, Z., and Keener, K.M. 2018. Effects of cold plasma on food quality: A review. *Foods*, 7(1), 4.
- Park, Y., Oh, K.S., Oh, J., Seok, D C., Kim, S.B., Yoo, S.J. and Lee, M.J. 2018. The biological effects of surface dielectric barrier discharge on seed germination and plant growth with barley. *Plasma Processes and Polymers*, 15(2), 1600056.
- Peethambaran, B., Han, J., Kermalli, K., Jiaying, J., Fridman, G., Balsamo, R., Fridman, A.A, and Miller, V. 2015. Nonthermal plasma reduces water consumption while accelerating arabidopsis thaliana growth and fecundity. *Plasma Medicine*, 5(2-4), 87-98.
- Petitpas, G., Rollier, J.D., Darmon, A., Gonzalez-Aguilar, J., Metkemeijer, R. and Fulcheri, L. 2007. A comparative study of non-thermal plasma assisted reforming technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(14), 2848-2867.
- Porto, C. L., Ziuzina, D., Los, A., Boehm, D., Palumbo, F., Favia, P., ... & Cullen, P. J. (2018). Plasma activated water and airborne ultrasound treatments for enhanced germination and growth of soybean. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49, 13-19.
- Puač, N., Gherardi, M. and Shiratani, M. 2018. Plasma agriculture: A rapidly emerging field. *Plasma Processes and Polymers*, 15, 1700174.
- Qi, Z.H., Yang, L., Xia, Y., Ding, Z.F., Niu, J. H., Liu, D.P., Zhao, Y., Ji, L.F., Song, Y. and Lin, X.S., 2019. Removal of dimethyl phthalate in water by non-thermal air plasma treatment. *Environmental Science. Water Research & Technology*, 5(5), 920-930.

- Reddy, K.R.N., Abbas, H.K., Abel, C.A., Shier, W.T., Oliveira, C.A.F.D. and Raghavender, C.R. 2009. Mycotoxin contamination of commercially important agricultural commodities. *Toxin reviews*, 28(2-3), 154-168.
- Redolfi, M., Makhloufi, C., Ognier, S. and Cavadias, S. 2010. Oxidation of kerosene components in a soil matrix by a dielectric barrier discharge reactor. *Process Safety and Environmental Protection*, 88(3), 207-212.
- ReynaMartinez, R., Cespedes, R.N., Alonso, M.I. and Acosta, Y.R. 2018. Use of Cold Plasma Technology in Biomaterials and Their Potential Utilization in Controlled Administration of Active Substances. *Journal Material Science*, 4(5). 555649.
- Safari, N., Iranbakhsh, A. and Ardebili, Z.O. 2017. Non-thermal plasma modified growth and differentiation process of Capsicum annuum PP805 Godiva in in vitro conditions. *Plasma Science and Technology*, 19(5), 055501.
- Sarangapani, C., Patange, A., Bourke, P., Keener, K. and Cullen, P.J. 2018. Recent advances in the application of cold plasma technology in foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 609-629.
- Schnabel, U., Niquet, R., Krohmann, U., Winter, J., Schlüter, O., Weltmann, K.D. and Ehlbeck, J. 2012. Decontamination of microbiologically contaminated specimen by direct and indirect plasma treatment. *Plasma Processes and Polymers*, 9(6), 569-575.
- Será, B., Stranák, V., Serý, M., Tichý, M. and Spatenka, P. 2008. Germination of Chenopodium album in response to microwave plasma treatment. *Plasma Science and Technology*, 10(4), 506.
- Será, B., Spatenka, P., Sery, M., Vrchotová, N. and Hruskova, I. 2010. Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 38(10), 2963-2968.
- Será B. and Serý M. 2018. Non-thermal plasma treatment as a new biotechnology in relation to seeds, dry fruits, and grains. *Plasma Science and Technology*, 20(4), 044012.
- Será, B., Zahoranová, A., Bujdánková, H. and Šerý, M. 2019. Disinfection from pine seeds contaminated with Fusarium circinatum Nirenberg & O'Donnell using non-thermal plasma treatment. *Romanian Reports in Physics*, 71, 701.
- Shen, J., Tian, Y., Li, Y., Ma, R., Zhang, Q., Zhang, J. and Fang, J. 2016. Bactericidal Effects against S. aureus and Physicochemical Properties of Plasma Activated Water stored at different temperatures. *Scientific Reports*, 6, 28505.
- Šimončicová, J., Kaliňáková, B., Kováčik, D., Medvecká, V., Lakatoš, B., Kryštofová, S., Hoppanová, I., Palušková, V., Hudecová, D., Durina, P. and Zahoranová, A. 2018. Cold plasma treatment triggers antioxidative defense system and induces changes in hyphal surface and subcellular structures of Aspergillus flavus. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(15), 6647-6658
- Singh, C. R., 2018, Review on problems and its remedy in plant tissue culture, *Asian Journal of Biological Sciences*, 11, 165-172 pp.
- Singh, H., Jassal, R.K., Kang, J.S., Sandhu, S.S., Kang, H. and Grewal, K. 2015. Seed priming techniques in field crops-A review. *Agricultural Reviews*, 36(4).

- Singh, S., Chandra, R., Tripathi, S., Rahman, H., Tripathi, P., Jain, A. and Gupta, P. 2014. The bright future of dentistry with cold plasma—review. *J Dent Med Sci*, 13, 6-13.
- Sivachandiran, L. and Khacef, A. 2017. Enhanced seed germination and plant growth by atmospheric pressure cold air plasma: combined effect of seed and water treatment. *RSC Advances*, 7(4), 1822-1832.
- Štěpánová, V., Slavíček, P., Kellar, J., Prášil, J., Smékal, M., Stupavská, M., Jurmanova, J and Černák, M. 2018. Atmospheric pressure plasma treatment of agricultural seeds of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.) with effect on reduction of diseases and germination improvement. *Plasma Processes and Polymers*, 15(2), 1700076.
- Stolárik, T., Henselová, M., Martinka, M., Novák, O., Zahoranová, A. and Černák, M. 2015. Effect of low-temperature plasma on the structure of seeds, growth and metabolism of endogenous phytohormones in pea (*Pisum sativum* L.). *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 35(4), 659-676.
- Stryczewska, H.D., Ebihara, K., Takayama, M., Gyoutoku, Y. and Tachibana, M. 2005. Non-Thermal Plasma-Based Technology for Soil Treatment. *Plasma Processes and Polymers*, 2(3), 238-245.
- Stryczewska, H.D., Pawłat, J. and Ebihara, K. 2013. Non-thermal plasma aided soil decontamination. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, 16(1), 23-30.
- Thirumdas, R. 2018. Exploitation of cold plasma technology for enhancement of seed germination. *Agri. Res. Tech*, 13, 1-4.
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Annapure, U., Siliveru, K., Blundell, R., Gatt, R. and Valdramidis, V.P. 2018. Plasma activated water (PAW): chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 21-31.
- Thomas-Popo, E., Mendonça, A., Misra, N.N., Little, A., Wan, Z., Moutiq, R., Coleman, S. and Keener, K. 2019. Inactivation of Shiga-toxin-producing *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and natural microflora on tempered wheat grains by atmospheric cold plasma. *Food Control*, 104, 231-239.
- Tolouie, H., Mohammadifar, M.A., Ghomi, H. and Hashemi, M. 2018. Cold atmospheric plasma manipulation of proteins in food systems. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 58(15), 2583-2597.
- Uhm, H.S. 2015. Generation of various radicals in nitrogen plasma and their behavior in media. *Physics of Plasmas*, 22(12), 123506.
- Volkov, A.G., Xu, K.G. and Kolobov, V.I. 2017. Cold plasma interactions with plants: Morphing and movements of Venus flytrap and *Mimosa pudica* induced by argon plasma jet. *Bioelectrochemistry*, 118, 100-105.
- von Woedtke T., Schmidt A., Bekeschus S., and Wende K., Introduction to plasma medicine: *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*, Ed: Metelmann, H.M., von Woedtke, T., Weltmann, K.D., Springer, Berlin, Germany, pp: 3-21.
- Wang, T., Qu, G., Li, J. and Liang, D. 2014. Remediation of p-nitrophenol and pentachlorophenol mixtures contaminated soil using pulsed corona discharge plasma. *Separation and Purification Technology*, 122, 17-23.

- Wang, T., Ren, J., Qu, G., Liang, D. and Hu, S. 2016. Glyphosate contaminated soil remediation by atmospheric pressure dielectric barrier discharge plasma and its residual toxicity evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, 320, 539-546.
- Waskow, A., Betschart, J., Butscher, D., Oberbossel, G., Klöti, D., Büttner-Mainik, A., Adamecik, J., Rohr., P.R. and Schuppler, M. 2018. Characterization of Efficiency and Mechanisms of Cold Atmospheric Pressure Plasma Decontamination of Seeds for Sprout Production. *Frontiers in Microbiology*, 9, 3164.
- Whitehead, J.C. 2016. The Chemistry of Cold Plasma: *Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications*, Ed: Misra, N.N., Schlüter, O.K., Cullen, P.J., Academic Press, Elsevier, London, United Kingdom, pp: 53-78.
- Xiang, Q., Liu, X., Liu, S., Ma, Y., Xu, C. and Bai, Y. 2019. Effect of plasma-activated water on microbial quality and physicochemical characteristics of mung bean sprouts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 49-56.
- Yodpitak, S., Mahatheeranont, S., Boonyawan, D., Sookwong, P., Roytrakul, S. and Norkaew, O. 2019. Cold plasma treatment to improve germination and enhance the bioactive phytochemical content of germinated brown rice. *Food chemistry*, 289, 328-339.
- Yüksel Ç.Y. ve Karagözlü, N. 2017. Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojisi ve Gıdalarda Kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 81-86.
- Zahoranová, A., Henselová, M., Hudecová, D., Kaliňáková, B., Kováčik, D., Medvecká, V. and Černák, M. 2016. Effect of cold atmospheric pressure plasma on the wheat seedlings vigor and on the inactivation of microorganisms on the seeds surface. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 36(2), 397-414.
- Zhan, J., Liu, Y., Cheng, W., Zhang, A., Li, R., Li, X., Ognier, S., Cai, S., Yhang, C. and Liu, J. 2018. Remediation of soil contaminated by fluorene using needle-plate pulsed corona discharge plasma. *Chemical Engineering Journal*, 334, 2124-2133.
- Zhang, H., Ma, D., Qiu, R., Tang, Y. and Du, C. 2017a. Non-thermal plasma technology for organic contaminated soil remediation: A review. *Chemical Engineering Journal*, 313, 157-170.
- Zhang, S., Rousseau, A. and Dufour, T. 2017b. Promoting lentil germination and stem growth by plasma activated tap water, demineralized water and liquid fertilizer. *RSC Advances*, 7(50), 31244-31251.
- Zheng, Y., Wu, S., Dang, J., Wang, S., Liu, Z., Fang, J., Han, P. and Zhang, J. 2019. Reduction of phoxim pesticide residues from grapes by atmospheric pressure non-thermal air plasma activated water. *Journal of Hazardous Materials*, 377, 98-105.
- Ziuzina, D., Patil, S., Cullen, P.J., Keener, K.M. and Bourke, P. (2014). Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiology*, 42, 109-111.





## Yeni Nesil Dizileme Teknolojilerinin Mikovirolojide Uygulanması<sup>A</sup>

Sahra HOSSEINALIZADEH<sup>1\*</sup>, Serap AÇIKGÖZ<sup>2</sup>

**Öz:** Yeni nesil yüksek verimli DNA dizileme analizleri 21. yüzyılın başlarında kullanılabilir hale gelmiştir. Bu dizileme teknolojisi genom karakterizasyonu, metagenetik, metilasyon analizi, kromatinlerin analizi, mRNA'ların profillenmesi gibi birçok amaç için kullanılmaktadır. 2009 yılından sonra, yeni nesil dizileme (YND) teknolojileri, virüs /viroid genom dizilemesi, keşfi ve tanısı, ekoloji ve epidemiyoloji, replikasyon ve transkripsiyon dahil olmak üzere çeşitli bitki virüslerinde uygulanmıştır. Son yıllarda bu teknoloji sayesinde araştırmacılar birçok yeni mikovirüsün tanımlanmasını yapmışlardır. Bu derlemede, bazı yeni mikovirüslerin karakterizasyonu ve tanımlanmasında yeni nesil dizileme teknolojisi (YND) nin kullanılmasıyla ilgili konular ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** DNA dizileme, Virüs, Mikovirüs.

### Application of Next Generation Sequencing Technologies in Mycovirology

**Abstract:** High-throughput next generation DNA sequencing analysis became available at the onset of the 21st century. The sequencing technologies offer novel and rapid ways for genome-wide characterization and profiling of mRNAs, small RNAs, transcription factor regions, structure of chromatin and DNA methylation patterns, microbiology and metagenomics. After 2009, new generation sequencing (YND) technologies have been applied

<sup>A</sup> Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Sahra HOSSEINALIZADEH, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Aydın, Türkiye, sahraalizadeh88@yahoo.com, [OrcID 0000-0002-7491-242X](https://orcid.org/0000-0002-7491-242X)

<sup>2</sup> Serap AÇIKGÖZ, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Aydın, Türkiye, sacikgoz@adu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-7970-1648](https://orcid.org/0000-0002-7970-1648)

in various plant virology, including virus/viroid genome sequencing, discovery and diagnosis, ecology and epidemiology, replication and transcription. In recent years, researchers have identified many new mycoviruses through this technology. In this review, topics related to the use of new generation sequencing technology (YND) in characterization and identification of some new mycoviruses are discussed.

**Keywords:** DNA sequencing, Virus, Mycovirus.

## Giriş

Virüsler taşıdıkları genetik şifre ile konukçu hücrelerde canlılıklarını sürdürebilirler ancak çoğalabilmeleri için canlı konakçılarda hücresel mekanizmasına ihtiyaçları vardır (Gergerich ve Dolja 2006). Hayvanlar, bitkiler, mantarlar ve bakteriler dahil olmak üzere tüm canlı organizma türleri virüsler için konakçıdır (Gergerich ve Dolja, 2006). Fungal konukçularda bulunan viral yapılara mikovirüs olarak isimlendirilmekte (Son ve ark., 2015). Mikovirüsler enfekte ettikleri fungal hücrelerde replike olan ve hücreler arasında yayılış gösteren obligat parazitlerdir. Mikovirüslerin genomları, DNA ya da RNA' dan oluşan tek sarmallı (ss-single-stranded) ya da çift-sarmallı (ds-double-stranded) nükleik asitlerden oluşmaktadır (Özkan Kahraman ve Yıldız, 2019; Nuss, 2011).

Mikovirüsler, hücreler arası yayılış gösteren obligat parazitlerdir. Bitkide fungusun neden olduğu hastalık belirtisi ile doğrudan ilişkili değil, ancak konukçularında bazı fenotipik değişikliklere yol açtıkları bilinmektedir (Aday Kaya ark., 2015). Mikovirüsleri fungal konukçularda büyüme ve gelişme, sporülasyon, pigmentasyon ve enzim aktivitelerinde değişikliklere yol açmakta ve mikovirüsleri ile enfekteli fungal izolatların virülensliğinin arttığına (hipervirülenslik) ya da azaldığına (hipovirülenslik) dair pek çok rapor bulunmaktadır (Dawe ve Nuss, 2001; Nuss, 2005).

İlk mikovirüs 1962 yılında *Agaricus bisporus*'da A.B.D.'nin Pensilvanya (Pennsylvania) eyaletinde La France kardeşlerin mantar çiftliğinde ortaya çıkarılmış (Ghabrial ve ark., 2015) ve 1962 yılından bugüne kadar bazı bitki fungal hastalıklarda çok sayıda mikovirüs araştırmacılar taraflarından saptanmış olup bunların bazıları bitki fungal hastalıklarına karşı biyolojik ajan olarak kullanılmaktadır (Ghabrial ve ark., 2015). Uluslararası Virüs Taksonomisi Komitesi'nin (ICTV) onuncu raporuna göre, bugüne kadar 250'den fazla mikovirüs genomunun tanısı yapılmış ve 17 familya ayrılmıştır (Li ve ark., 2019). Her geçen gün mikovirüslerin sayısı artmakta ve bunların tanımlanmasının hızlı ve güvenilir yöntemlerle yapılması gerekmektedir. Geçmiş yıllarda mikovirüslerin tanısında, fungal virüsler ya da virüs benzeri partiküller (VPLs), transmission elektron mikroskobu (TEM) ile gözlemlenmekteydi (Buck, 1986). Ancak virüsün konsantrasyonu düşük olduğu durumlarda virüs partiküllerinin tanımlanmasında TEM ile sorunlar yaşanmaktaydı. Ayrıca, hücrede virüs parçalarına benzer diğer yapıların tanımlanmalarında yanlışlığa neden oluyordu. Bu nedenle artık günümüzde bitki fungal etmenlerin misellerindeki mikovirüslerin genomları izole edilerek Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) teknikleri gibi yöntemler ile mikoviral genomlar çoğaltılarak tanımlanması yapılmaktadır. Ancak bunun



yapılabilmesi için öncelikle mikovirüsün DNA sekans analizinin yapılması ardından primerinin oluşturulması gerekmektedir.

İlk DNA sekans analiz yöntemlerinden bugüne kadar çok farklı DNA sekans teknikleri bulunmuştur. Son yıllarda DNA sekansı için yeni DNA sekanslama teknolojileri ve teknikleri araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Wu ve ark., 2015). Bu DNA dizi analizi, bir DNA parçasında bulunan A, C, G, T nükleotid sıralarının belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen DNA dizileri genlerin yapısı ve genetik kontrol mekanizmaları hakkında birçok bilgi edinilmesine imkân sağlamaktadır. Günümüze kadar birçok canlı türünün tüm genom haritaları tanımlanmış, genlerinin yapısı ve organizasyonu hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir (Heather ve Chain, 2016; Kızmaz ve ark., 2017).

İlk olarak 1970'li yılların başında DNA dizi analizi ile ilgili araştırmalar başlatılmıştır. 1977 yılında birinci nesil dizileme olarak ifade edilen DNA dizileme yöntemlerinden, zincir sonlandırma yöntemini Fredrick Sanger (Sanger ve ark., 1977) ardından kimyasal yöntemi ise Allan M. Maxam ve Walter Gilbert (Maxam ve Gilbert, 1977) geliştirmişlerdir. Bunu yarı otomatik, tam otomatik (Smith ve ark., 1986; Ansorge ve ark., 1987) ve kapillar DNA sekanslama (Ruiz-Martinez ve ark., 1993) teknikleri takip etmiştir.

2000 yılında tamamlanan insan genom projesinde zincir sonlandırma yöntemi kullanılmıştır. Sanger dizileme tekniği ile her ne kadar farklı boyutlardaki DNA fragmanlarının dizilenmesi yapılsa da yüksek maliyetler karşılığında uzun sürelerde düşük çıktılar vermesi nedeniyle (Taşar ve ark., 2018), son yıllarda Pirodizileme (Pyrosequencing) (Eriksson ve ark., 2004) yöntemi ile başlayan ve günümüzde birçok araştırmacı tarafından kullanılan yeni nesil DNA dizileme teknolojilerine yönelik uygulamalar başlatılmıştır. 2005 yılında Solexa / Illumina tarafından öne sürülmüş olan yeni nesil dizileme yöntemleri yüksek verimlilik, çok sayıda analiz ve düşük maliyetler gibi avantajları beraberlerinde getirmişlerdir. DNA dizileme teknolojiler sayesinde yüksek doğrulukla, ultra hızlı olarak, dizileme yapabilme kapasiteleri sayesinde transkriptom analizi, ploidi seviyesinin belirlenmesi, moleküler markır geliştirme ve mRNA profilinin belirlenmesi gibi birçok çalışma da yapılabilmektedir (Dönmez ve ark., 2015). Prensip olarak Sanger dizilemede kapiller elektroforezi uygulanarak genomik DNA parçalara ayrılır ve her bir parçadaki bazlar, parçalar kalıp DNA zincirine bağlandığında yayılan sinyallere göre tanımlama yapılmaktadır. Yeni nesil dizileme (YND) tekniği Sanger dizilemeye göre daha ucuz ve doğruluk oranı daha yüksek olup kısa sürede daha fazla dizileme yapılabilme kapasitesine sahiptir (Prabha ve ark., 2013). Günümüzde pek çok araştırmacı YND tekniklerini kullanarak hızlı ve kolayca yeni bitki virüs hastalık etmeni genomlarının tanımlanmasını yapmışlardır (Kehoe ve ark., 2014).

YND veri ve analiz teknikleri, viral evrim, ekoloji, epidemiyoloji, genomik çeşitlilik ve virüsler ile konukçuların arasındaki ilişkiler gibi alanlarda araştırmalar yapılmasına imkan tanımıştır (Zhang ve ark., 2018).

Son yıllarda araştırmacılar dsRNA, total RNA veya küçük RNA'lar gibi farklı genom şablonlarını kullanarak YND teknikleri sayesinde bazı bitki fungal hastalık etmenlerinde bulunan yeni mikovirüslerin tanımlanması ve karakterizasyonunu güvenilir ve hızlı bir şekilde yapabilmişlerdir (Bartholomaeus ve ark., 2016; Donaire ve ark., 2016; Khalifa ve ark., 2016; Marzano ve ark., 2016; Khalifa ve MacDiarmid, 2019). Mikovirüsler ile ilgili böylesi hızlı ve güvenilir tanı yöntemlerine gerek duyulmasının bir nedeni de bazı mikovirüslerin fungal

etmenlerin biyolojik mücadelesinde kullanılabilir olmasından kaynaklanmaktadır. Buna en iyi örnek ise Kestane kanserine neden olan *Cryphonectria parasitica* ya karşı biyolojik ajan olarak hypovirüslerin kullanılmasıdır (Milgroom ve Cortesi, 2004). Günümüzde yoğun kimyasal kullanımı sonucunda doğal denge tahrip olmuş, çevre ve insan sağlığı her geçen gün biraz daha tehdit altına girmiştir (Akbulak ve Tezcan, 2006). Uzun süredir uygulanan kimyasal mücadele sonucu ortaya çıkan ciddi sorunlardan dolayı alternatif yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır. Tüm bu sorunlar karşısında doğal dengenin korunmasını sağlayan ve çevre dostu biyolojik mücadele uygulamalarına insan sağlığı yönünden çok önem verilmektedir. Yakın bir gelecekte pek çok bitki fungal hastalığının kontrolünde mikovirüslerin kullanımının daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Bu derlemede YND ile yeni mikovirüslerin tanılanmasıyla ilgili bazı çalışmalar ele alınıp anlatılmıştır.

### Yeni Nesil DNA Dizileme Teknikleri (YND)

2000 yılında Lynx Therapeutics (USA) firması Massively Parallel Signature Sequencing (MPSS) yöntemini kullanarak ilk Yeni Nesil Dizileme teknolojisi-YND (Next Generation Sequencing- NGS) başlatan firma olmuş ve daha sonra bu firma Illumina (USA) tarafından satın alınmıştır. 2004 yılında 454 Life Sciences Roche (Basel, Switzerland) firması pirodizileme kimyasına dayalı YND teknolojilerinin ikincisi kullanmaya sunmuştur. Bu teknoloji baz başına maliyet ve dizin okuma uzunluğu açısından Sanger'e göre daha avantajlıdır ve diğer YND teknolojileri (Illumina ve SOLID) ile karşılaştırıldığında bu özellikler yönünden birbirine benzerlik göstermektedir (Cock ve ark., 2010 ve Kulski, 2015). 2007 yılında Solexa GA firması tarafından geliştirilen Illumina'nın genom sentez dizileme (<http://www.illumina.com>) sistemi her çalışmada 50 milyar baza (Bbp) kadar okuma yapılabilen ve en son modeli her çalışmada 85 bp'e ulaşabilmiştir (Kulski, 2015). 21. Yüzyılın en önemli moleküler biyoloji araçlarından biri olan YND yüksek verim ve düşük maliyeti sayesinde geleneksel Sanger dizileme yönteminin yerini almıştır. Yeni nesil DNA dizileme teknolojisi 2000 yılının ikinci yarısından itibaren yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda geliştirilen diğer YND sistemleri arasında yer alan; Helicos sequencer (<http://www.helicosbio.com/>), Life Technologies Ion Torrent PGM sequencer (<http://www.iontorrent.com>), Pacific Biosciences (<http://www.pacificbiosciences.com/>) single molecule real-time (smrt) sequencer ve Oxford Technologies Nanopore (Oxford, UK) single molecule sequencer sistemleri kullanıma sunulmuştur (Ion-Torrent, 2017; PacBio, 2017; Nanopore, 2017; Kızmaz ve ark., 2017).

### YND Teknolojilerinin Virüslerin ve Mikovirüslerin Tanınmasında Kullanımı

YND ile bitki tüm viral genom dizilemesi 2009 yılında Adams ve ark. (2009), tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar Pepino mosaic potexvirus (PepMV) enfekteli domates bitkisinden elde ettikleri total RNA kullanılarak yöntemi uygulamışlardır. Daha sonra *Liatris spicata* bitkisinden izole edilen bilinmeyen bir patojen *Gomphrena globosa*'ya aktarılmış ve bu bitkinin 'Gayfeather mild mottle virus' olarak adlandırılan yeni bir Cucumovirus ile enfekteli olduğu belirlenmiştir (Adams ve ark., 2009). Adams ve ark., (2013), 'Maize chlorotic

mottle virus (MCMV) ve Sugarcane mosaic virus (SCMV)'unun genomlarının tanılanması ve karakterizasyonu için YND uygulanmış ve yöntemin viral etmenlerin hızlı tanılanması için uygun bir teknik olduğunu ifade etmişlerdir. Kreuze ve ark. (2009), YND ile virüs enfekteli simptomsuz tatlı patateslerden küçük RNA' ların deep sequencing'i ile tüm genom dizilemesini yapmışlardır.

Coetzee ve ark. (2010), Güney Afrika bağ alanlarından toplanan asma virüs örneklerinden dsRNA analizi yaparak dsRNA virüslerini izole etmişler ve deep sequencing (Illumina Genome Analyzer II sentezleme) analiz yöntemi ile dsRNA virüslerinin tüm genom dizilemesini yapmışlardır. Sekans sonucunda Closteroviridae ve Betaflexiviridae familyalarında yer alan Grapevine leafroll-associated virus 3, Grapevine rupestris stem pitting-associated virüs, Grapevine virus A ve Grapevine virus E virüslerini tespit etmişlerdir. Ayrıca Chrysoviridae familyasından olan ve Penicillium chrysogenum virus'a benzer bir virüs daha saptamışlardır. Devam eden süreçte YND yöntemi kısa sürede bitki virüs genomlarının dizilemesi için popüler bir yöntem haline gelmiştir. Nitekim bağlarda düşük miktarda virüs enfeksiyonları da dahil olmak üzere agronomik önemdeki virüslerin saptanmasında standart biyolojik testlerin yerine yeni nesil dizileme analizinin kullanılmasının daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir (Al Rwahnih ve ark., 2015). Hadidi ve ark. (2016), 2009 yılından beri bitki virolojisinde uygulanmakta olan YND' nin küçük RNAs, RNA-DNA bitki virus ve viroid genomlarını hızlı, güvenli ve düşük maliyetle sekanslama olanağını sunduğunu vurgulamışlardır. Bu yöntem hızlı ve güvenilir olması nedeniyle kısa sürede daha önce bilinmeyen patojenlerin ve viral genomların dizilenmesine olanak vermiş ve genom dizileme sürecinin hızlandırılmasını da sağlamıştır (Hadidi ve ark., 2016). Maize chlorotic mottle virus (MCMV) ve Sugarcane mosaic virus (SCMV)' unun genomlarının tanılanması ve karakterizasyonu için YND uygulanmış ve yöntemin viral etmenlerin hızlı tanılanması için uygun bir teknik olduğu ifade edilmiştir (Adams ve ark., 2013).

Daha sonra birçok araştırmacı YND teknolojilerini kullanarak farklı bitki fungal hastalık etmenlerinde bulunan bazı mikovirüsleri güvenilir ve hızlı bir şekilde tanılanmasını yapmışlar (Marvelli ve ark., 2014; Bartholomaeus ve ark., 2016; Pandey ve ark., 2018; Wang ve ark., 2019; Li ve ark., 2020; Yao ve ark., 2020) ve bunlar kronolojik sıra ile Tablo 1'de listelenmiştir.

Al Rwahnih ve ark. (2011), asma sürgün örneklerinden elde edilen dsRNA'ların 454 high-throughput sekanslarını karakterize etmişler ve fungal virüslere benzeyen dizi setleri elde etmişlerdir. Asma örneklerinden bilinen tüm mikoviral familyaların yarısını temsil eden 26 fungal virüs grubu tanımlamışlardır. Bu mikovirüslerin üçünün asmalarda yaygın olarak görülen Botrytis cinerea ile ilişkili olduğu tesbit edilmiş ancak diğerlerinin çoğu tanımlanmamıştır (Tablo 1).

Espach (2013), asma bitkisinde kök çürüklüğü hastalığı etmenlerinden Chalara elegans ve Sclerotinia sclerotiorum izolatlarından Valverde ve ark. (1990),nin yöntemine göre dsRNA izole etmişler ve ScriptSeq™ v2 RNA-Seq cDNA kiti (Epicenter) ile random hexamer primeri kullanılarak cDNA kütüphanesi sentezlemişler ve bunu takiben YND (Illumina HiScanSQ) yöntemi ile dizi analizi yapmışlardır. Ardından bu mikovirüslerin NCBI'da Endornavirus cinsinde Chalara elegans endornavirus 1-(CeEV-1) ve Sclerotinia sclerotiorum partitivirus S-like olduklarını belirlemişlerdir (Tablo 1). Ayrıca bu mikovirüslerin ORF (ORF finder) tanısı ve protein alanı belirlemek için NCBI programı kullanılmıştır. Bu yeni Endornavirus'un RdRp sekansları, sekans

bilgisi diğer bilinen 15 Endornavirus ile karşılaştırılarak 1000 bootstrap yinelemeli olarak UPGMA yöntemi ile filogenetik ağacını oluşturmuşlardır.

Bartholomäus ve ark. (2016), şeker pancarında kök çürüklüğü hastalığına neden olan *Rhizoctonia solani* izolatından izole edilen dsRNA'nın cDNA kütüphanesi oluşturarak Deep Sequencing analiz yöntemleri ile dizi sekanslaması yapmışlardır. Dizi sekanslama yaklaşık 500 bp mesafe aralığına sahip bir çift uçlu sekanslama çalışması (2 x 300 bp) ile Illumina MiSeq sistemi üzerinde kurulmuştur. Elde edilen veriler European Nucleotide Archive (ENA) sistemine ve NCBI'a kaydedilmiş ve çalışma sonucunda Narnaviridae, Endornaviridae, Partitiviridae, Megabirnaviridae ve Tymovirales familyalarına ait 17 farklı mikovirüs saptanmıştır.

Çizelge 1. Yeni nesil dizileme (YND) teknolojileri ile tanımlanan bazı yeni mikovirüsler ve fungal konukçuları

Konukçu Funguslar	Konukçu Bitkiler	Mikovirüsler ve ait oldukları familyalar	Familya/cins	Kaynaklar
<i>Botrytis cinerea</i>	Asma	<i>Botrytis cinerea debilitation-related virus s</i> <i>Botrytis virus F</i> <i>Botrytis virus x</i>	<i>Narnaviridae</i> <i>Gammalflexiviridae</i> <i>Alphaflexiviridae</i>	Al Rwahnih ve ark., 2011
<i>Chalara elegans</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Fusarium virguliforme</i>	Asma	<i>Chalara elegans endomavirus 1</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum partitiivirüs S-like</i> <i>Fusarium virguliforme dsRNA mycovirus 1 ve 2</i>	<i>Endornaviridae</i> <i>Partitiviridae</i> <i>Totiviridae</i>	Espach, 2013
<i>Rhizoctonia solani</i>	Şeker pancar	<i>Rhizoctonia solani mitovirus 9 DC17 / Rhizoctonia solani mitovirus 16, 17, 18, 19, 20</i> <i>Rhizoctonia solani endomavirus 3</i> <i>Rhizoctonia solani flexivirus 1, 2</i> <i>Rhizoctonia solani RNA virus 1, 2, 3</i> <i>Rhizoctonia solani partitiivirüs 1</i> <i>Rhizoctonia solani mycovirus 1, 2, 3</i> <i>Rhizoctonia solani megabimavirus 1</i>	<i>Narnaviridae</i> <i>Endornaviridae</i> <i>Tymoviridae</i> <i>Hepeviridae</i> <i>Partitiviridae</i> <i>Megabimaviridae</i>	Marvelli ve ark., 2014 Bartholomaeus ve ark., 2016
<i>S. sclerotiorum</i>	-	<i>Rhizoctonia cerealis endomavirus 1 / Sclerotinia sclerotiorum endomavirus 1</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum hypovirus 2</i> <i>Sclerotinia Sclerotiorum mitovirus 2, 3, 4, 5, 6 ve 7</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum negative sense RNA virus 1</i>	<i>Endornaviridae</i> <i>Hypoviridae</i> <i>Mitoviridae</i> <i>Mycomononegaviridae</i>	Khalifa ve ark., 2016
<i>Botrytis cinerea</i>	Asma	<i>Botrytis cinerea negative-stranded RNA virus 1</i>	<i>Bunyaviridae</i>	Donaire ve ark., 2016
<i>Sclerotinia Sclerotiorum</i>	Kereviz Kolza Karnabahar Lahana Beyaz hindiba Fasulye Marul Patates Yabani havuç Mavi Acı Bakla	<i>Sclerotinia sclerotiorum victorivirüs 1</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum partitiivirüs 2, 3</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum hypovirus 3 ve 4</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum endomavirus 3, 4, 5 ve 6</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum mitovirus 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum umbra-like virus 2 ve 3</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum ourmia-like virus 2 ve 3</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum tymo-like RNA virus 2, 3, 4, 5 ve 6</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum negative-stranded RNA virus 1-A, 2-A, 3-A ve 4-A</i> <i>Botrytis porri RNA virus 1</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum tetramycovirus 1</i> <i>Sclerotinia gemycircular virus 1</i>	<i>Totiviridae</i> <i>Partitiviridae</i> <i>Hypoviridae</i> <i>Endornaviridae</i> <i>Narnaviridae</i> <i>Tombusviridae</i> <i>Ourniaviridae</i> <i>Tymoviridae</i> <i>Mononegavirales</i> <i>Unclassified</i> <i>Genomoviridae</i>	Donaire ve ark., 2016 Mu ve ark., 2018
<i>Rosellinia necatrix</i>	Avokado, Elma Avokado Avokado Kiraz Avokado Avokado Avokado	<i>Rosellinia necatrix hypovirus 1 ve 2</i> <i>Rosellinia necatrix megabimavirus 3</i> <i>Rosellinia necatrix fusagavirüs 1, 2 ve 3</i> <i>Rosellinia necatrix partitiivirüs 8, 9 ve 10</i> <i>Rosellinia necatrix megatotivirüs 1</i> <i>yado-kari virus 2, 3 ve 4</i> <i>Rosellinia necatrix fusarivirüs 2</i>	<i>Hypoviridae</i> <i>Megabimaviridae</i> <i>Fusagaviridae</i> <i>Partitiviridae</i> <i>Megatotiviridae</i> <i>Yadokariviridae</i> <i>Fusarividae</i>	Arjona-Lopez ve ark., 2018
<i>Erysiphe necator</i>	Asma	<i>Erysiphe necator partitiivirüs 1, 2 ve 3</i> <i>Erysiphe necator mitovirus 1, 2 ve 3</i>	<i>Partitiviridae</i> <i>Narnaviridae</i>	Pandey ve ark., 2018
<i>Pythium polare</i>	Kara yosunu	<i>Pythium polare RNA virus 1</i>	<i>Totiviridae</i>	Sasai ve ark., 2018
<i>Podosphaera prunicola</i>	Tatlı Kiraz	<i>Podosphaera prunicola virus sequence 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7</i> <i>Podosphaera prunicola virus sequence 8</i>	<i>Partitiviridae</i> <i>Virgaviridae</i>	Pandey ve ark., 2018
<i>Penicillium digitatum</i>	Turunç	<i>Penicillium digitatum polynycovirus 1</i> <i>Penicillium digitatum Narna-like virus 1</i>	<i>Polynycoviridae</i> <i>Narnaviridae</i>	Niu ve ark., 2018

Çizelge 1. (Devamı)

<i>S. roffsii</i> Strain BLH-1	Tüy Haşhaş	<i>Sclerotinia roffsii</i> beny-like virus 1 <i>Sclerotinia roffsii</i> alphavirus-like virus 1,2 ve 3 <i>Sclerotium roffsii</i> fusarivirus 1 ve 2 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> hypovirus 2 <i>Sclerotium roffsii</i> ourmia-like virus 1 <i>Sclerotium roffsii</i> endornavirus 1 <i>Sclerotium roffsii</i> RNA virus 1 ve 2 <i>Sclerotium roffsii</i> mycovirus dsRNA 1 <i>Sclerotium roffsii</i> unassigned dsRNA virus 1, 2	Benyviridae "Alphavirus-like" supergrup Fusariviridae Hypoviridae Ourmiavirus Endornaviridae Fusagaviridae Unclassified Unclassified	Zhu ve ark., 2018
<i>T. atroviride</i> NFCF394	Şitaki mantarı	<i>Trichoderma atroviride</i> partitiivirüs 1	Partitiviridae	Chun ve ark., 2018
<i>Trichoderma koningtopsis</i> (Mg10)	Toprak	<i>Trichoderma koningtopsis</i> totivirüs 1	Partitiviridae	Khalifa ve MacDiarmid, 2019
<i>Clonostachys rosea</i> (Mg06)	Kolza tohumu	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> botybirnavirüs 3 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mycovirüs 1	Botybirnavirüs Tymoviridae unclassified	Wang ve ark., 2019
<i>T. harzianum</i> 525	Orman ve Çim alanları	<i>Trichoderma harzianum</i> mycovirüs 1		Liu ve ark., 2019
<i>Alternaria alternata</i>	Domates	<i>Alternaria alternata</i> botybirnavirüs 1	Botybirnavirüs	Shamsi ve ark., 2019
<i>Cronartium ribicola</i>	Çam	<i>Cronartium ribicola</i> totivirüs 1, 2, 3, 4 ve 5	Totiviridae	Liu ve ark., 2019
<i>S. sclerotiorum</i>	Kanola	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> negative stranded RNA virus 2	Mononegavirales	Marzano ve ark., 2020
	Kanola /Bezelye	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> negative stranded RNA virus 3	Mononegavirales	
	Lahana	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> negative stranded RNA virus 4	Mononegavirales	
	Soya fasulyesi	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> negative stranded RNA virus 5	Bunyaviridae	
	-	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> double-stranded RNA virus 3	Totiviridae	
	Soya fasulyesi	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> double-stranded RNA virus 4	-	
	Marul	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> double-stranded RNA virus 4	Hypoviridae	
	Marul	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> hypovirus 2 Lactuca	Endornaviridae	
	-	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> endornavirus 1 Lactuca	Endornaviridae	
	Domates	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> endornavirus 2-IL	Endornaviridae	
	Lahana	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ourmia-like virus 1 RNA1	Ourmiavirus	
	Mercimek	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ourmia-like virus 2 RNA1	Ourmiavirus	
	-	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> umbra-like virus 1	Unclassified	
	Sakız kabağı	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 7 IL-1	Narnaviridae	
	Kanola	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 5	Narnaviridae	
	Marul	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 6	Narnaviridae	
	Maydanoz	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 7, 8	Narnaviridae	
	Lahana	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 9	Narnaviridae	
	Soya fasulyesi	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 10	Narnaviridae	
	Domates	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 11, 22 ve 23	Narnaviridae	
	Mercimek	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 12, 14, 16	Narnaviridae	
	Kabak	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 13	Narnaviridae	
	-	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 15	Narnaviridae	
	-	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirüs 17 ve 18	Narnaviridae	

Çizelge 1. (Devamı)

<i>Rhizoctonia solani</i>	Soya fasulyesi Soya fasulyesi Soya fasulyesi - Soya fasulyesi - Soya fasulyesi Soya fasulyesi - - Soya fasulyesi Soya fasulyesi Soya fasulyesi - Soya fasulyesi Soya fasulyesi Soya fasulyesi - Soya fasulyesi Soya fasulyesi Soya fasulyesi - Soya fasulyesi	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> mitovirus 1, 2, 3 ve 4 <i>Rhizoctonia solani</i> negative-stranded RNA virus 1, 2 ve 3 <i>Rhizoctonia solani</i> negative-stranded RNA virus 4 <i>Rhizoctonia solani</i> endornavirus 2 <i>Rhizoctonia solani</i> ourmia-like virus 1 <i>Rhizoctonia solani</i> ourmia-like virus 2 <i>Rhizoctonia solani</i> mitovirus 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 <i>Rhizoctonia solani</i> barnavirus 1 <i>Rhizoctonia solani</i> partitivirus 1 RNA1 ve 2 <i>Rhizoctonia solani</i> positive-stranded RNA virus 1 <i>Macrophomina phaseolina</i> negative stranded RNA virus 1 <i>Macrophomina phaseolina</i> hypovirus 1 <i>Macrophomina phaseolina</i> mitovirus 1 ve 2 <i>Macrophomina phaseolina</i> mitovirus 3 <i>Macrophomina phaseolina</i> tobamo-like virus 1a <i>Macrophomina phaseolina</i> single-stranded RNA virus 3 <i>Macrophomina phaseolina</i> chrysovirus 1 <i>Macrophomina phaseolina</i> double-stranded RNA virus 2 <i>Macrophomina phaseolina</i> single-stranded RNA virus 1	- Ophioviridae Bunyaviridae Endornaviridae Ourmiavirus Narnaviridae Barnaviridae Partitviridae Tymoviridae Bunyaviridae Hypoviridae Narnaviridae Narnaviridae Virgaviridae Tombusviridae Chrysoviridae Unclassified Unclassified Totiviridae	
<i>Diaporthe longicolla</i>	Soya fasulyesi	<i>Diaporthe longicolla</i> totivirus 1	Totiviridae	
<i>Colletotrichum truncatum</i>	Soya fasulyesi	<i>Colletotrichum partitivirus 1</i> RNA1	Partitviridae	
<i>Bipolaris oryzae</i>	Yabani Pirinç	<i>Bipolaris oryzae</i> hypovirus 1	Hypoviridae	Li ve ark., 2020
<i>Fusarium sacchari</i>	Şeker kamışı	<i>Fusarium sacchari</i> alphavirus-like virus 1	Narnaviridae	Yao ve ark., 2020
<i>Fusarium andiyazi</i>		<i>Fusarium andiyazi</i> mitovirus 1 ve 2	Mitoviridae	
<i>Fusarium sacchari</i>		<i>Fusarium sacchari</i> chrysovirus 1	Hypoviridae	
<i>Fusarium sacchari</i>		<i>Fusarium sacchari</i> hypovirus 1-Defective RNA/ <i>Fusarium sacchari</i> hypovirus1 <i>Fusarium sacchari</i> chrysovirus 1, dsRNA1,2,3 ve 4	Chrysoviridae	



Asma fungal hastalıkları üzerinde yapılan başka bir çalışmada; asmada kurşuni küf hastalığına neden olan *Botrytis cinerea* izolatından total RNA izole edilerek YND dizileme teknikleri (Illumina platformu HiSeq2000) kullanılarak cDNA kütüphanesi ve DNA sekanslaması yapılmış ve biyoinformatik analizler sonrası Emaravirus cinsi ve Bunyaviridae familyasından olan yeni mikovirüs, *Botrytis cinerea* negative-stranded RNA virus 1 sekans verileri Gen bankasına kaydedilmiştir (Donaire ve ark., 2016). *Fusarium virguliforme* soya fasulyesinde ani ölüm sendromuna (Sudden death syndrome (SDS)) neden olmakta ve % 80'e kadar soya verimini azaltılmasına yola açmaktadır. Marvelli ve ark. (2014), *F. virguliforme* dan yeni mikovirüslerin tanınması ve bu mikovirüslerin hastalığa karşı kullanılmasıyla ilgili çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmada ABD'nin Ohio eyaletinden izole edilen 44 fungal izolattan dsRNA lar elde edilmiş ve Illumina HiSeq 2000 (Illumina, Inc., San Diego, CA) ile sekanslama yapılarak *Fusarium virguliforme* dsRNA mycovirus 1 ve *Fusarium virguliforme* dsRNA mycovirus 2 tespit edilmiştir (Tablo 1). Çalışma sonucunda bu yeni mikovirüslerin *F. virguliforme*'a karşı biyolojik ajan olarak kullanılabilirliğini bildirmişlerdir (Marvelli ve ark., 2014).

Khalifa ve ark. (2016), beyaz çürüklük hastalığı etmeni *Sclerotinia sclerotiorum*'un beş izolatından dsRNA mikoviral genomunu izole ederek tüm genom sekanslaması için Illumina sekanslama tekniğini kullanmışlar ve elde edilen sonuçları Sanger sekanslama ile karşılaştırmışlardır. Aynı örneklerden Sanger sekanslaması ile dokuz mikoviral (Tablo 1) genom tespit ederken, Illumina sekanslaması ile aynı dokuz virüse ilave olarak bir virüs daha tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda Illumina sekanslaması ile elde edilen genom sekansların % 99.3-100 oranında Sanger sekanslaması ile aynı olduğunu ve bu nedenle, YND yöntemi ile elde edilen sekanslama sonuçlarının güvenilir ve doğru olduğunu ifade etmişlerdir (Khalifa ve ark., 2016).

Australya'nın farklı tarım bölgelerinde çeşitli tarım ürünlerinin yetiştiriciliği yapılan alanlardan, Mu ve ark. (2018), toplam 84 adet *S. sclerotiorum* izolatından elde edilen total RNA'lardan cDNA kütüphanesini TruSeq™ RNA Sample Prep Kit (Illumina, RS-122-2001) kullanarak oluşturmuşlar ve ardından Shanghai Biotechnology Corporation tarafından Illumina MiSeq 2000/2500'de teknikleri ile sekanslama yapmışlardır. Sekans sonuçlarını NCBI veri tabanı kullanılarak BLASTp analizi etmişler ve 10 farklı mikovirüs familyasına ait 57 mikovirüsün tüm genomlarını çıkartmışlardır. Bu 57 mikovirüsün (Tablo 1) 34'ünü (%59,6) yeni mikovirüsler olarak kayıt etmişlerdir (Mu ve ark., 2018). Turunçlarda hasat sonrası ürün kayıplarına neden olan *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* 'a karşı mikovirüslerin biyolojik ajanı olarak kullanılması ile ilgili Niu ve ark. (2018), Çin'de çalışma yapmışlardır. Çalışmada YND yöntemlerinde Illumina platformlarını kullanarak *P. digitatum* fungal etmeninden *Penicillium digitatum* polmycovirus 1 (PdPmV1) ve *Penicillium digitatum* Narnalike virus 1 (PdNLV1) iki yeni mikovirüslerini saptamışlardır (Tablo 1). Bu yeni mikovirüsler biyolojik ajanı olarak fungal etmenin virülensliğini azalttığını bildirmişlerdir (Niu ve ark., 2018). Asmalarda külemeye neden olan *Erysiphe necator* mikovirüs varlığı yönünden Pandey ve ark. (2018), ABD de araştırma yapmışlar ve *E. necator* izolatlarından elde ettikleri dsRNA'ları Illumina Hi Seq 2000 platformu kullanarak yüksek verimli sekanslama (high-throughput sequencing) ile dizi analizi yapmışlar ve *Erysiphe necator* partitivirus 1, 2 ve 3 (EnPV 1-3) ve *Erysiphe necator* mitovirus 1, 2, ve 3 (EnMV 1-3) diye adlandırdıkları yeni 6 mikovirüs (Tablo 1) saptamışlardır (Pandey ve ark., 2018).

*Podosphaera prunicola* birçok tatlı kiraz yetiştirici yapılan bölgelerde küf hastalığına neden olmaktadır. Pandey ve ark. (2018), *P. prunicola* izolatlarından dsRNA mikovirüslerini saptamışlar ve ardından YND (Illumina Hi Seq 2000 platform) tekniği kullanarak sekans analizi yapmışlar ve toplam 8 adet *Podosphaera prunicola* virus sequence 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 (Tablo 1) olarak isimlendirilen yeni mikovirüsleri saptamışlardır. Ayrıca bu yeni mikovirüsleri Sanger sekanslama kullanarak daha önce tanımlanması yapılan diğer mikovirüslerle karşılaştırmışlar ve böylece YND verilerini doğrulamışlardır. Bu çalışma ile aynı zamanda, YND'nin biyoinformatik programlarla kombinasyonu halinde yüksek verimli sekanslama için önce zenginleştirme stratejileri olmadan mikovirüsler ile ilişkili virüsleri tarafsız bir şekilde tanımlanmasının yapılabildiğini ifade etmişlerdir (Pandey ve ark., 2018).

Yeni Zelanda'da 2019 yılında Khalifa ve MacDiarmid (2019), tek bir toprak örneğinden *Trichoderma koningiopsis* (Mg10) ve *Clonostachys rosea* (Mg06) izolatları elde etmişler ve taksonomik olarak farklı bu iki fungal etmeden aynı dsRNA elementini (dsRNA-L ve dsRNA-S) izole etmişlerdir. İzole edilen dsRNA-L'nin tüm genom sekanslaması Illumina HiSeq2000 platformu kullanılarak Macrogen Inc. (Seul, Güney Kore) tarafından sekanslanmıştır. Genom sekanslama sonucunda 4712 nükleotid (nt) uzunluğunda ve Totivirüsler benzer proteinleri kodlayan üst üste gelmeyen iki açık okuma çerçevesi (ORF) içeren, *Trichoderma koningiopsis* totivirus 1 (TkTV1 / Mg10) (Tablo 1) olarak adlandırılan yeni bir mikovirüs saptanmış ve ardından sonuçlar Sanger sekanslama ile doğrulanmıştır (Khalifa ve MacDiarmid, 2019). Chun ve ark. (2019), *Trichoderma atroviride* NFCF394 'dan yeni bir mikovirüsü (dsRNA) YND teknikleri ile tanımlayarak moleküler karakterizasyonunu yapmışlardır. Araştırmacılar izole edilen dsRNA'yı, Illumina HiSeq 2000 platformu (Macrogen Inc., Seoul, Kore) kullanılarak cDNA kütüphanesi ve genom dizilemesi yapmışlar ve filogenetik analiz sonucunda Partitiviridae familyasından Alphapartivirus cinsinden, *Trichoderma atroviride* partivirus 1 (TaPV1) (Tablo 1) isimli yeni bir mikovirüsü saptamışlardır.

Çin'de orman ve çim alanlarından 2014-2016 yılları arasında Liu ve ark. (2019), tarafından toplam 150 *Trichoderma* spp. izole edilerek bu türlerde dsRNA'nın varlığı dsRNA analizleri ile gerçekleştirilmiştir. *T. harzianum* 525 den elde ettikleri 3 kb ağırlığındaki dsRNA profilini jel elektroforezde görüntülemişlerdir. Bu dsRNA lar, yüksek verimli sekanslama (Illumina HiSeq 2000/2500) ile sekanslanmış ve sekans verileri NCBI ve BLAST programı kullanarak kontrol edilmiştir. Ardından Maximum likelihood kullanarak elde edilen filogenetik ağaca bu yeni mikovirüsün *Trichoderma harzianum* mycovirus 1 (ThMV1) (Tablo 1) olarak kaydedilmesini sağlamışlardır (Liu ve ark., 2019).

Shamsi ve ark. (2019), Pakistanda domateslerde erken yanıklık hastalığına neden olan *Alternaria alternata* izolatlarından elde ettikleri dsRNA'yı YND yöntemini kullanarak DNA sekans analizlerini yapmışlardır. Araştırmacılar DNA sekans sonucunda Botybirnavirus cinsine ait olan *Alternaria alternata* botybirnavirus 1 (AaBbV1) (Tablo 1) olarak adlandırılan yeni bir mikovirüsü saptamışlardır (Shamsi ve ark., 2019). Çam ağaçlarında beyaz çam pasına neden olan *Cronartium ribicola* dan yeni bir dsRNA mikovirüsü YND tekniği ile saptanmış ve karakterizasyonu yapılmıştır (Liu ve ark., 2019). Çalışmada, Totiviridae familyasında yer alan *Cronartium ribicola* totivirus 1-5 (CrTV1 ila CrTV5) (Tablo 1) olarak adlandırılan beş yeni dsRNA saptanmışlardır (Liu ve ark., 2019).

Yukarıda anlatılan araştırmalarda da görüleceği üzere YND yöntemleri ile virüs ve mikovirüselere ait daha önce tanımlanan genom verilerine gerek kalmadan yeni viral ve mikoviral genomların tanılanması gerçekleştirilmektedir. Düşük konsantrasyona sahip virüs ve mikovirüslerin kolay ve hızlı bir şekilde tanılanması mümkün olabilmektedir.

Ayrıca YND yöntemleri daha önce tanımlanmış ve yeni tanımlanan mikoviral genomlarda mutasyon, filogeni, evrim ve rekombinasyonlarını takip etmeyi sağlamasının yanısıra mikovirüslerin konukçu veya ekosistem ile etkileşimi gibi bilgi olanaklarını da sağlamaktadırlar. Jo ve ark. (2020), bu yeni tekniklerin diğer tanı tekniklerine göre daha güvenilir bir şekilde gelecekte daha çok kullanılacağını ifade etmiştir.

## Sonuç

1950'li yıllardan itibaren DNA ve RNA moleküllerinin canlılarda yaşam fonksiyonlarındaki öneminin anlaşılmasıyla ile genom çalışmaları ön plana çıkmış ve geçmişten günümüze kadar birçok farklı DNA dizileme teknikleri kullanılarak analizleri yapılmıştır. Ancak geçmişte kullanılan DNA dizileme yöntemleri zaman alıcı, yoğun emek gerektiren ve pahalı yöntemler olduğu için son 10-15 yıl içerisinde araştırmacılar daha ucuz, daha hızlı ve daha duyarlı yöntemler geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Günümüzde ise farklı yeni nesil dizileme platformları ulaşılabilir duruma gelmiştir. 2000'li yılların başından bu yana farklı DNA dizileme teknikleri ve cihazları geliştirilmiştir. Bu sistemlerin sayesinde genomik alanda yapılan çalışmalar hız kazanmış ve nükleotit başına dizileme maliyetini önemli ölçüde düşürmüştür.

2009 yılından bu yana gelişmiş biyoinformatiklerle birleştirilmiş YND teknolojileri, özellikle genom dizileme, saptama ve tanımlama, transkriptomik, replikasyon, ekoloji ve epidemiyoloji alanlarında bitki virüs/mikovirüs etmenlerinde de başarıyla kullanılmaktadır.

Bilinen ve yeni bitki RNA ve DNA virüsleri ve satellite virüsler, viroid'ler ve fitoplazmalar bu teknolojiler kullanılarak başarıyla incelenmişlerdir.

YND tekniklerin gelişmesiyle birlikte son yıllarda birçok araştırmacı yeni mikovirüslerin tanılanması ve karakterizasyonunu İllumina dizileme platformlarını kullanarak yapmışlardır (Tablo 1). Bu teknolojiler sayesinde birçok yeni mikovirüsün tanılanması güvenilir ve hızlı bir şekilde mümkün olmuş ve mikovirüslerin taksonomisine de katkı sağlamıştır. Gelecek yıllarda hızla gelişen bu teknoloji sayesinde yeni mikovirüsler tanılanarak bunların biyolojik ajan olarak kullanılması ile ilgili yeni çalışmaların yapılması umut vadetmektedir.

## Teşekkür Bilgi Notu

Bu derleme yayın etiğine uymakta ve etik kurul onayı gerektirmemektedir. Makalede yazarlar arasında herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yayında 1. yazar %70 oranında ve 2. yazar %30 oranında katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynaklar

- Adams, I. P., Glover, R. H., Monger, W. A., Mumford, R., Jackeviciene, E., Navalinskiene, M., Samuitiene, M., and Boonham, N. 2009. Next-generation Sequencing and Metagenomic Analysis: A Universal Diagnostic Tool in Plant Virology. *Molecular Plant Pathology*, 10(4): 537-45.
- Adams, I. P., Miano, D. W., Kinyua, Z. M., Wangai, A., Kimani, E., Phiri, N., Reeder, R., Harju, V., Glover, R., Hany, U., Souza-Richards, R., Deb Nath, P., Nixon, T., Fox, A., Barnes, A., Smith, J., Skelton, A., Thwaites, R., Mumford, R., and Boonham, N. 2013. Use of next-generation sequencing for the identification and characterization of Maize chlorotic mottle virus and Sugarcane mosaic virus causing maize lethal necrosis in Kenya. *Plant Pathology*, 62: 741–749.
- Aday Kaya, A. G., Doğmuş-Lehtijarvi, H. T., and Lehtijarvi, A. 2015. Mikovirüslerin orman patojenlerine karşı kullanım olanakları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 65(1): 60-71.
- Akbudak, N., Tezcan, H. 2006. Bitkisel Üretimde ve Bitki Korumada Yeni Bir Etken Madde: Harpin. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 2(21): 39-43.
- Ansorge, W., Sproat, B., Stegemann, J., Schwager, C., and Zenke, M. 1987. Automated DNA Sequencing: Ultrasensitive detection of fluorescent bands during electrophoresis. *Nucleic Acid Research*, 15: 4593–4602.
- Al Rwahnih, M., Daubert, S., rbez-Torres, J. R. U., Cordero, F., and Rowhani, A. 2011. Deep sequencing evidence from single grapevine plants reveals a virome dominated by mycoviruses. *Archives Virology*, 156: 397–403.
- Arjona-Lopez, J. M., Telengech, P., Jamal, A., Hisano, S., Kondo, H., Yelin, M. D., Arjona-Girona, I., Kanematsu, S., Lopez-Herrera, K., and Suzuki, N. 2018. Novel diverse RNA viruses from Mediterranean isolates of the phytopathogenic fungus, *Rosellinia necatrix*: insights into evolutionary biology of fungal viruses. *Environmental Microbiology*, 20(4): 1464–1483.
- Bartholomaeus, A., Wibberg, D., Winkler, A., hler, A. P., Schlüter, A., and Varrelmann, M. 2016. Deep Sequencing Analysis Reveals the Mycoviral Diversity of the Virome of an Avirulent Isolate of *Rhizoctonia solani* AG-2-2 IV. *PLOS ONE* 11(11): e0165965.
- Buck, K.W., 1986. Fungal virology – an overview. In: Buck, K.W (Ed.), *Fungal virology*. CRC Press. Boca Raton, FL, pp. 1-84.
- Chun, J., Yang, H., and Kim, D. 2018. Identification and Molecular Characterization of a Novel Partitivirus from *Trichoderma atroviride* NFCF394. *Viruses Journal*, 10: 578.
- Cock, P.J. A., Fields, C. J., Goto, N., Heuer, M. L., and Rice, P. M. 2010. The Sanger FASTQ file format for sequences with quality scores, and the Solexa/Illumina FASTQ variants. *Nucleic Acids Research*, 38(6): 1767–1771.
- Coetzee, B., Freeborough, M. J., Maree, H. J., Celton, J. M., Rees, D. J. G., and Burger, J. T. 2010. Deep Sequencing Analysis of Viruses Infecting Grapevines: Virome of a Vineyard. *Virology*, 400(2): 157-63.

- Dawe, A. L., Nuss, D. L. 2001. Hypoviruses and chestnut blight: exploiting viruses to understand and modulate fungal pathogenesis. *Annual Review of Genetics*, 35: 1 –29.
- Donaire, L., Pagán, I., and Ayllón, M. A. 2016. Characterization of *Botrytis cinerea* negative-stranded RNA virus 1, a new mycovirus related to plant viruses, and a reconstruction of host pattern evolution in negative-sense ssRNA viruses. *National Center for Biotechnology Information*, 499: 212-218.
- Dönmez, D., Şimşek, Ö., ve Aka Kaçar, Y. 2015. Yeni Nesil DNA Dizileme Teknolojileri ve Bitkilerde Kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8 (1): 30-37.
- Eriksson, J., Gharizadeh, B., Nordström, B. T., and Nyrén, P. 2004. Pyrosequencing technology at elevated temperature Electrophoresis. *National Center for Biotechnology Information*, 25: 20-27.
- Espach, Y. 2013. The detection of mycoviral sequences in grapevine using next-generation sequencing. Thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree Master of Science in Genetics at Stellenbosch University.
- Gergerich, R. C., and Dolja, V. V. 2006. Introduction to Plant Viruses, the Invisible Foe. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2006-0414-01.
- Ghabrial, S. A., Castón, J. R., Jiang, D., Nibert, M. L., and Suzuki, N. 2015. 50-plus years of fungal viruses. *Virology*. 479,: 356–368. doi: 10.1016/j.virol.2015.02.034.
- Hadidi, A., Flores, R., Candresse, and T., Barba, M. 2016. Next-Generation Sequencing and Genome Editing in Plant Virology. *Front. Microbiol*, 7: 1325.
- Heather, J. M., Chain, B. 2016. The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA. Sponsored Document from Genomics, 107(1): 1-8.
- Ion-Torrent. 2017. Ion-Torrent Next-Generation Sequencing Workflow. İnternet erişim: [http://www.thermofisher.com/tr/en/home/life-science/sequencing/next-generation-sequencing/iontorrent-next-generation-sequencing-workflow.html Erişim tarihi: 17.03.2017].
- Jo, Y., Choi, H., Chu, H., Cho, and W. K. 2020. Identification of viruses from 1 fungal transcriptomes. *biological-archive(bioRxiv preprint)*, doi: https://doi.org/10.1101/2020.02.26.966903.
- Kehoe, M. A., Coutts, B. A., Buirchell, B. J., and Jones, R. A. C. 2014. Plant Virology and Next Generation Sequencing: Experiences with a Potyvirus. *PLOS ONE*, 9(8): e104580.
- Khalifa, M. E., MacDiarmid, R. M. 2019. A Novel Totivirus Naturally Occurring in Two Different Fungal Genera. *Front. Microbiology*, 10: 2318.
- Khalifa, M. E., Varsanib, A., Ganleye, A. R. D., and Pearson, M. N. 2016. Comparison of Illumina de novo assembled and Sanger sequenced viral genomes: A case study for RNA viruses recovered from the plantpathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. *Virus Research Journal*, 219: 51-57.
- Kızmaz, M. Z., Paylan, İ. C., ve Erkan, S. 2017. DNA Dizilemenin Tarihsel Gelişimi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(2): 47-53.
- Kreuze, J.F., Perez, A., Untiveros, M., Quispe, D., Fuentes, S., Barker, I., and Simon, R. 2009. Complete viral

- genome sequence and discovery of novel viruses by deep sequencing of small RNAs A generic method for diagnosis, discovery and sequencing of viruses. *Virology*, 388: 1-7.
- Kulski, J. K. 2015. Next-Generation Sequencing An Overview of the History, Tools, and “Omic” Applications: Next Generation Sequencing - Advances, Applications and Challenges, Ed: Kulski, J. K., International Technology (InTech), Croatia, pp: 3-60.
- Maxam, A. M. and Gilber, W. 1977. A new method for sequencing DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(2): 560-564.
- Marvelli, R. A., Hobbs, H. A., Li, Sh., McCoppin, N. K., Domier, L., Hartman, G. L., and Eastburn, D. M. 2014. Identification of novel double-stranded RNA mycoviruses of *Fusarium virguliforme* and evidence of their effects on virulence. *Archives of Virology Journal*, 159: 349-352.
- Marzano, S. Y. L. and Domier, L. L. 2016. Novel mycoviruses discovered from metatranscriptomics survey of soybean phyllosphere phytobiomes. *Virus Research*, 213: 332-342.
- Marzano, S. Y. L., and Nelson, B. D., Ajayi-Oyetunde, O., Bradley, C. A., Hughes, T. J., Hartman, G. L., Eastburn, D. M., and Domier, L. 2020. Identification of Diverse Mycoviruses through Metatranscriptomics Characterization of the Viromes of Five Major Fungal Plant Pathogens. *Plant Pathogens Journal Virology*, 90: 6846-6863.
- Milgroom, M. G. and Cortesi, P. 2004. Biological Control of Chestnut Blight with Hypovirulence: A critical analysis. *Annual Review of Phytopathology*, 42(1): 311-38.
- Mu, F., Xie, J., Cheng, Sh., Pei, M., Barbetti, M. J., Jia, J., Wang, Q., Cheng, J., Fu, Y., Chen, T., and Jiang, D. 2018. Virome Characterization of a Collection of *Sclerotinia sclerotiorum* from Australia. *Front. Microbiol*, 8: 25-40.
- Nanopore. 2017. Oxford Nanopore Technologies. İnternet erişim: [<https://www.nanoporetech.com/>Erişim tarihi: 17.03.2017. ]
- Niu, Y., Yuan, Y., Mao, J., Yang, Z., Cao, Q., Zhang, T., Wang, Sh., and Liu, D. 2018. Characterization of two novel mycoviruses from *Penicillium digitatum* and the related fungicide resistance analysis. *Scientific Reports*, 8: 5513.
- Nuss, D. L. 2011. Mycoviruses, RNA Silencing, and Viral RNA Recombination. *Advances in Virus Research*, 80:25-48.
- Nuss, D. L. 2005. Hypovirulence: mycoviruses at the Fungal-plant interface. *Nature Reviews Microbiology*, 3: 632 -642.
- Li, P., Bhattacharje, P., Wang, Sh., Zhang, L., Ahmadi, I., and Guo, L. 2019. Mycoviruses in *Fusarium* Species: An Update. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 9: 257
- Li, Q., Huang, W., Hai, D., Wang, Y., Xie, J., and Wang, M. 2020. The complete genome sequence of a novel hypovirus infecting *Bipolaris oryzae*. *Archives of Virology*, 165: 1027–1031.

- Liu, Ch., Li, M., Redda, E. T., Mei, J., Zhang, J., Wu, B., and Jiang, X. 2019. A novel double-stranded RNA mycovirus isolated from *Trichoderma harzianum*. *Virology Journal*, 16: 113.
- Liu, J., Xiang, Y., Sniezko, R. A., Schoettle, A. W., Williams, H., and Zamany, A. 2019. Characterization of *Cronartium ribicola* dsRNAs reveals novel members of the family Totiviridae and viral association with fungal virulence. *Virology Journal*, 16: 118.
- Özkan Kahraman, Ç., Yıldız, F. 2019. Bitki Fungal Hastalıkları ile Biyolojik Savaşımında Alternatif Yaklaşımlar: Fungal Virüsler. *İzlek*, 2(1): 33-48.
- PacBio. 2017. Pacific Biosciences. İnternet erişim: [<http://www.pacb.com/>] Erişim tarihi: 17.07.2017.
- Pandey, B., Naidu, R. A., and Grove, G. G. 2018. Detection and analysis of mycovirus-related RNA viruses from grape powdery mildew fungus *Erysiphe necator*. *Archives of Virology*, 163: 1019-1030.
- Pandey, B., Naidu, R. A., and Grove, G. G. 2018. Next generation sequencing analysis of double-stranded RNAs from sweet cherry powdery mildew fungus *Podosphaera prunicola*. *Journal of Plant Pathology*, 100: 435-446.
- Prabha, K., Baranwal, V. K., and Jain, R. K. 2013. Applications of Next Generation High Throughput Sequencing Technologies in Characterization, Discovery and Molecular Interaction of Plant Viruses. *Indian Journal Virology*, 24(2): 157-165.
- Ruiz-Martinez, M. C., Berka, J., Belenkii, A., Foret, F., Miller, A. W., and Karger, B. L. 1993. DNA sequencing by capillary electrophoresis with replaceable linear polyacrylamide and laser-induced fluorescence detection. *Analytical Chemistry*, 65: 2851-2858.
- Sanger, F., Nicklen, S., and Coulson, A. R. 1977. DNA Sequencing With Chain-Terminating Inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(12): 5463-7.
- Sasai, Sh., Tamura, K., Tojo, M., Herrero, M., Hoshino, T., Ohki, S. T., and Mochizuki, T. 2018. A novel non-segmented double-stranded RNA virus from an Arctic isolate of *Pythium polare*. *Virology Journal*, 522: 234-243.
- Shamsia, W., Satoa, Y., Jamala, A., Shahia, S., Kondoa, H., Suzukia, N., and Bhattib, M. F. 2019. Molecular and biological characterization of a novel botybirnavirus identified from a Pakistani isolate of *Alternaria alternata*. *Virus Research*, 263: 119-128.
- Smith, L. M., Sanders, J. Z., Kaiser, R. J., Hughes, P., Dodd, Ch., Connell, Ch. R., Heiner, Ch., Kent, S. B. H., and Hood, L. E. 1986. Fluorescence detection in automated DNA sequence analysis. *A Nature Research Journal*, 321: 674-679.
- Son, M., Yu, J., and Kim, K. H. 2015. Five Questions about Mycoviruses. *Plos Pathogens Journal*, 11(11): e1005172.
- Taşar, O., Çınar, E., ve Onay, H. 2018. Hastalık Tanısı İçin Yeni Nesil Dizileme Verisi Analizi: Gereksinimler ve Bir Çözüm Önerisi. *CERU-WS.org*, 2201: 12.
- Valverde, R., Nameth, S., and Jordan, S., 1990. Analysis of double-stranded RNA for plant virüs Diagnosis. *Plant Disease*, 74(3): 255-258.



- Wang, Q., Cheng, Sh., Xiao, X., Cheng, J., Fu, Y., Chen, T., Jiang, D., and Xie, J. 2019. Discovery of Two Mycoviruses by High-Throughput Sequencing and Assembly of Mycovirus-Derived Small Silencing RNAs From a Hypovirulent Strain of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Frontiers in Microbiology Journal*,10: 1415.
- Wu, Q., Shou-Wei, D., Zhang, Y., and Zhu, Sh. 2015. Identification of Viruses and Viroids by Next-Generation Sequencing and Homology-Dependent and Homology-Independent Algorithms. *Annual Review Phytopathology*, 53: 425-44.
- Yao, Z., Zou, Ch., Peng, N., Zhu, Y., Bao, Y., Zhou, Q., Wu, Q., Chen, B., and Zhang, M. 2020. Virome Identification and Characterization of *Fusarium sacchari* and *F. andiyazi*: Causative Agents of Pokkah Boeng Disease in Sugarcane. *Frontiers in Microbiology Journal*, 11:240.
- Zhang, Y. Z., Shi, M., and Holmes, E. C. 2018. Using metagenomics to characterize an expanding virosphere. *National Center for Biotechnology Information*, 172: 1168-1172.
- Zhu, J. Z., Zhu, H. J., Gao, B. D., Zhou, Q., and Zhong, J. 2018. Diverse, Novel Mycoviruses From the Virome of a Hypovirulent *Sclerotium rolfsii* Strain. *Frontiers Plant Science Journal*, 9: 1738.





## BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

### Amaç

Tarım ve yaşam bilimleri ile ilgili alanlardaki araştırma ve derlemelerin Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlanarak bilginin ulusal ve uluslararası düzeyde paylaşımı amaçlanmaktadır.

### Kapsam

**Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** eski adıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Haziran ve Aralık olmak üzere yılda iki sayı olarak basılan hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir. Dergi; bahçe bitkileri, bitki koruma, biyoenerji, biyosistem mühendisliği, doğal kaynaklar, genetik, gıda mühendisliği, gıda bilimi ve teknolojisi, peyzaj, süs bitkileri ve doğa koruma, su ürünleri ve balıkçılık, süt teknolojisi, tarım ekonomisi, tarım makineleri, tarımsal biyoteknoloji, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme, topraksız yetiştiricilik ve zootekni gibi tüm ziraat alanları ile ilgili özgün araştırma makalelerini ve sınırlı sayıda derlemeleri kabul etmektedir. Sunulan makaleler özgün olmalı ve Türkçe ya da İngilizce yazılmalıdır. Sunulan makaleler başka hiçbir yerde yayımlanmamış olmalıdır. Ancak, bir kongre ya da sempozyumda sadece özeti yayımlanan makaleler dergiye sunulabilir.

### Yayın Politikası

Dergiye Türkçe ve İngilizce araştırma ve derleme makaleleri kabul edilmektedir. Makale başvuruları DergiPark sistemi (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>) üzerinden sorumlu yazar tarafından yapılmalıdır. Dergiye yayımlanması talebi ile gönderilen makalelerin diğer dergilerde yayımlanmamış ve/veya yayımlanması amacıyla gönderilmemiş olması gerekmektedir. Makale başvurusunda; (1) tam metin makale, (2) tam metin makalenin taratıldığını gösteren benzerlik raporu (Ithenticate) (% 20'nin altında olmalıdır), (3) imzalanmış ve taratılmış başvuru formu, (4) tüm yazarlar tarafından imzalanmış çıkar çatışması, yazarlık katkı beyan formu, Etik kurul onay raporu vb. (5) tüm yazarlar tarafından imzalanmış telif hakkı devir formunun taranmış kopyasının elektronik formatta DergiPark sistemine <http://dergipark.org.tr/login> adresinden kayıt olunarak yüklenmesi gerekmektedir. Makalenin dergide basılabilmesi için her hangi bir ücret talebi yoktur. Yayımlanan makalelerin tüm hakları Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisine aittir. Makalenin bilimsel sorumlulukları yazarlarına aittir. Yazarlara telif ücreti ödenmez. Bir yazarın aynı sayıda ilk isim olarak en fazla iki makalesine yer verilir. Dergimizde yayımlanan makalelerin bir kısmı veya tamamı dergimiz kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

Dergiye gönderilen makalelerde; konu ile ilgili olarak derginin daha önceki sayılarında yayımlanan en az bir yayına atıf yapılması önem arz etmektedir. Dergiye yapılan atıflarda "**Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.**" kısaltması kullanılmalıdır.

## **Değerlendirme Süreci**

Yayımlanması için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda editör tarafından ön incelemeye alınır. Editör, dergide yayımlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri hakemlere göndermeden yazara/yazarlara iade kararı verme hakkına sahiptir. Ayrıca yazım kurallarına uymayan veya anlatım dili yetersiz olan makaleler, düzeltilmek üzere yazara/yazarlara iade edilir. Değerlendirmeye alınan makaleler, incelenmek üzere en az 2 hakeme gönderilir. Değerlendirmede çift yönlü kör hakemlik uygulaması esastır. Hakem değerlendirmesinden geçen makalelere ait düzeltmeler, düzeltme raporu ile birlikte en kısa sürede sisteme yüklenmelidir. Editör, hakem raporlarını ve/veya istenilen düzeltmelerin yeterli olup olmasını dikkate alarak makalenin yayımlanıp yayımlanmamasına yönelik nihai karar vericidir. Makalenin yayımlanmasından önce makalede sayfa düzeni yapılarak son kontrol için yazara gönderilir. Yazar makalenin son kontrolünü yaptıktan sonra basım öncesi düzeltme istek ve onay formunu imzalayarak sisteme yükler. Kontrolün düzgün yapılmaması sonucunda oluşabilecek baskı hataları yazarların sorumluluğundadır. Makalenin değerlendirme süreci yaklaşık 3-4 ay kadar sürmektedir. Sürecin süresi; hakem değerlendirmelerine, yazarların hakemlere verdikleri cevaplara ve cevaplama süreleri ile hakemlerin düzeltmeleri yeniden görme isteklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. İşlemi tamamlanan eserler kabul tarihi dikkate alınarak derginin yayımlanacak sayısında bulunması gereken makale limitleri dahilinde yayımlanır.

## **Alıntılanma Yüzdesi**

Dergiye başvurusu yapılan makalelerin, hakemlik sürecine alınmadan önce intihal programı ile (iThenticate Plagiarism Detection Software) (<http://www.ithenticate.com>) taratılmış olması gerekmektedir. Tarama sonucunda Kaynaklar bölümü haricinde, benzerlik oranı %20 ve aşağı değeri taşıyan makaleler başvuruya kabul edilmektedir. Makale başvurusu ile beraber iThenticate raporunun da sisteme yüklenmesi süreç için gereklidir.

## **Yayın Etiği İlkeleri**

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi'nde uygulanan yayım süreçleri, bilginin tarafsız ve saygın bir şekilde gelişimine ve dağıtımına temel teşkil etmektedir. Bu doğrultuda uygulanan süreçler, yazarların ve yazarları destekleyen kurumların çalışmalarının kalitesine doğrudan yansımaktadır. Hakemli çalışmalar bilimsel yöntemi somutlaştıran ve destekleyen çalışmalardır. Bu noktada sürecin bütün paydaşlarının (yazarlar, okuyucular ve araştırmacılar, yayıncı, hakemler ve editörler) etik ilkelere yönelik standartlara uyması önem taşımaktadır. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, tüm paydaşların yayın etiği kapsamında aşağıda belirtilen etik sorumlulukları taşımasını beklemektedir.

Aşağıda yer alan etik görev ve sorumluluklar, açık erişim olarak [Committee on Publication Ethics \(COPE\)](#) tarafından yayınlanan rehberler ve politikalar ile YÖK bilimsel araştırma ve yayın etiği yönergesi dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Hakemli dergide yayın ilkeleri ile ilgili tüm taraflardan (yazar, dergi editörü, hakem ve yayıncı kuruluşlar) beklenen genel etik davranışlar ve sorumluluklara ilişkin tanımlamalar aşağıda belirtilmektedir.

## **Yazar(lar)ın Sorumlulukları**

Kaynakça listesi eksiksiz olmalıdır.

İntihal ve sahte veriye yer verilmemelidir.

Aynı araştırmanın birden fazla dergide yayımlanmasına teşebbüs edilmemeli,

Bilim araştırma ve yayın etiğine uymalıdır.

Tüm yazarların araştırmaya katkısı bulunmalıdır.

Makalede geçen tüm veriler gerçek ve orijinal olmalıdır.

Tüm yazarlar hatalı makalenin geri çekilmesini ve hataların düzeltilmesini sağlamak zorundadır.

## **Bilim araştırma ve yayın etiğine aykırı eylemler şunlardır:**

a) İntihal: Başkalarının fikirlerini, metotlarını, verilerini, uygulamalarını, yazılarını, şekillerini veya eserlerini sahiplerine bilimsel kurallara uygun biçimde atıf yapmadan kısmen veya tamamen kendi eseriymiş gibi sunmak,

b) Sahtecilik: Araştırmaya dayanmayan veriler üretmek, sunulan veya yayınlanan eseri gerçek olmayan verilere dayandırarak düzenlemek veya değiştirmek, bunları rapor etmek veya yayımlamak, yapılmamış bir araştırmayı yapılmış gibi göstermek,

c) Çarpıtma: Araştırma kayıtları ve elde edilen verileri tahrif etmek, araştırmada kullanılmayan yöntem, cihaz ve materyalleri kullanılmış gibi göstermek, ilgili teori veya varsayımlara uydurmak için veriler ve/veya sonuçlarla oynamak, destek alınan kişi ve kuruluşların çıkarları doğrultusunda araştırma sonuçlarını tahrif etmek veya şekillendirmek,

ç) Tekrar yayım: Bir araştırmanın aynı sonuçlarını içeren birden fazla eseri ayrı eserler olarak sunmak,

d) Dilimleme: Bir araştırmanın sonuçlarını araştırmanın bütünlüğünü bozacak şekilde, uygun olmayan biçimde parçalara ayırarak ve birbirine atıf yapmadan çok sayıda yayın yaparak ayrı eserler olarak sunmak,

e) Haksız yazarlık: Aktif katkısı olmayan kişileri yazarlar arasına dâhil etmek, aktif katkısı olan kişileri yazarlar arasına dâhil etmemek, yazar sıralamasını gerekçesiz ve uygun olmayan bir biçimde değiştirmek, aktif katkısı olanların isimlerini yayım sırasında veya sonraki baskılarda eserden çıkarmak, aktif katkısı olmadığı halde nüfuzunu kullanarak ismini yazarlar arasına dâhil ettirmek,

f) Diğer etik ihlali türleri: Destek alınarak yürütülen araştırmaların yayınlarında destek veren kişi, kurum veya kuruluşlar ile onların araştırmadaki katkılarını açık bir biçimde belirtmemek, insan ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda etik kurallara uymamak, yayınlarında hasta haklarına saygı göstermemek, hakem olarak incelemek üzere görevlendirildiği bir eserde yer alan bilgileri yayınlanmadan önce başkalarıyla paylaşmak, bilimsel araştırma için sağlanan veya ayrılan kaynakları, mekânları, imkânları ve cihazları amaç dışı kullanmak, tamamen dayanaksız, yersiz ve kasıtlı etik ihlali suçlamasında bulunmak (YÖK Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi, Madde 8).

## **Hakemlerin Sorumlulukları**

Hakemlik süreci, bilimsel akademik yayıncılığın başarısında önemli bir konumda bulunmaktadır. Hakemler bu sürecin sağlıklı yürütülebilmesi ve iyileştirilmesine gayret göstermelidir.

Hakemler araştırmayla, yazarlarla ve/veya araştırma fon sağlayıcılar ile çıkar çatışması/çakışması içerisinde olmamalıdır.

Değerlendirmeleri tarafsız olmalıdır.

Değerlendirilen makaleler hakem tarafından gizli tutulmalıdır.

## **Editörün Sorumlulukları**

Editörler bir makaleyi kabul etmek ya da reddetmek için tüm sorumluluğa ve yetkiye sahiptir.

Editörler kabul ettiği ya da reddettiği makaleler ile ilgili çıkar çatışması/çakışması içerisinde olmamalıdır.

Sadece alana katkı sağlayacak makaleler kabul edilmelidir.

Hakemlerin ismini değerlendirme tamamlanana kadar saklı tutmalıdır.

Makalenin yayımlanmasından sonra herhangi bir araştırmacı tarafından bilimsel hata tespit edildiğinde ilgili düzeltme/düzeltilmelerin yayımlanmasını ya da geri çekilmesini desteklemelidir.

## **Yayıncının Sorumlulukları**

Yayıncılık etiğinin yayın kurulu tarafından izlenmesi/korunması,

Akademik kaydın bütünlüğünü korumak,

Etik standartlardan ödün vermemek,

Gerektiğinde düzeltmeleri, açıklamaları ve özürleri yayımlamak,

Okuyucunun dergide yayımlanan bir makalede önemli bir bilimsel hata ya da intihal, yinelenen makaleler gibi konularda herhangi bir uyarısı olduğu zaman [zfergisi@uludag.edu.tr](mailto:zfergisi@uludag.edu.tr) adresine mail atarak editör kuruluna bildirebilir. Derginin bilimsel ve teknik yönden gelişmesi için bir fırsat olacağı bilinci ile, yapacağınız uyarılar/eleştiriler, editör kurulu tarafından memnuniyetle karşılanarak hızlı ve yapıcı bir şekilde iyileştirmelerimiz gerçekleştirilmektedir.

## **Etik Kurul Onayı**

Yazarlar yayımlatmak istedikleri makale ile ilgili olarak gerekli olan etik kurul onayını aldıkları kurumu ve onay numarasını **Materyal ve Yöntem** bölümünde mutlaka belirtmelidirler. Yayın kurulu gerekli gördüğünde “Etik Kurul Onay Belgesini” ayrıca isteyebilir. Makalenin etik kurul onayı gerektirip gerektirmediği aşağıda bildirilen kısımdan yazarlar ve alan editörleri tarafından mutlaka sorgulanması gerekmektedir.

## **Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir.**

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütölen her türlü araştırmalar
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması.
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar.
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar.
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.

## **Ayrıca;**

- Olgu sunumlarında “Aydınlatılmış onam formu”nun alındığının belirtilmesi,
- Başkalarına ait ölçek, anket, fotoğrafların kullanımı için sahiplerinden izin alınması ve belirtilmesi,
- Kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine uyulduğunun belirtilmesi.

## **Makale Yazım Kuralları**

TR Dizin kriterleri gereği dergimize gönderilecek olan makalelerin mutlaka aşağıda belirtilen hususlara uyması gerekmektedir.

Tüm bilim dallarında yapılan ve etik kurul kararı gerektiren klinik ve deneysel insan ve hayvanlar üzerindeki çalışmalar için ayrı ayrı etik kurul onayı alınmış olmalı, **bu onay makalede belirtilmeli ve belgelendirilmelidir.**

**Makalelerde Araştırma ve Yayın Etiğine uyulduğuna dair ifadeye yer verilmelidir. Etik kurul izni gerektiren çalışmalarda, izinle ilgili bilgiler (kurul adı, tarih ve sayı no) yöntem bölümünde ve ayrıca makale ilk/son sayfasında yer verilmelidir.**

Kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine riayet edilmesi gerekmektedir.

**Makale sonunda; Araştırmacıların Katkı Oranı bevanı, varsa Destek ve Teşekkür Bevanı, Catışma Bevanı verilmesi gerekmektedir.**

Makaleler; Ana Başlık, Öz, İngilizce Başlık, Abstract, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular ve Tartışma (ayrı olabilir) Sonuç, Teşekkür veya Bilgi Notu (Gerekli ise) ile Kaynaklar bölümlerinden oluşmalıdır.

Makale içinde metin A4 (210 x 297 mm) formunda beyaz kağıda, Microsoft Word formatında, üst ve alttan, 2 cm; sağ ve soldan 2.5 cm boşluk bırakılarak 1.5 satır aralığı ile 10 punto Times New Roman yazı karakterinde yazılmalı ve metin iki yandan hizalanmış olmalıdır.

Ana Başlık haricinde tüm bölüm başlıkları sadece ilk harfleri büyük olacak şekilde küçük harflerle, koyulaştırılmış, 12 punto yazı karakterinde, sola yaslı ve üstten birer boşluk kalacak şekilde yerleştirilecektir. Ana başlıklardan sonra metin ile arasında birer satır boşluk bırakılmalı. İlk paragrafta paragraf başı kullanılmamalı izleyen paragraflara ise 0.5 cm içerden başlayarak devam edilmelidir.



Aşağıdaki yazım kurallarına uygun hazırlanmış olan makale 25 sayfayı aşmamalıdır.

Makalenin hazırlanması aşamasında örnek makaleye buradan ulaşabilirsiniz. [Örnek Makale](#)

**Ana Başlık:** 14 punto, koyulaştırılmış (bold) olarak ve başlıktaki her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde 1.5 satır aralığı ile yazılmalı ve sayfaya ortalanmalıdır. Başlığın bittiği en son karakterine yayın bir tezdin ya da bir projeden yapılmış ise üssel atıf verilmeli ve sayfa sonunda dip not olarak eklenmelidir. Başlık 20 kelimeyi aşmamalıdır.

**Yazar Adları:** Yazarların açık adları unvan belirtilmeden adlarının ilk harfi büyük, soyadların tümü büyük harf olacak şekilde koyulaştırılmış, başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılarak ve sayfaya ortalanarak 12 punto yazılmalıdır. Soyadların bittiği en son karakter üzerine üssel olarak rakam ile yazar adresine atıfta bulunulmalı ve sayfa sonunda dip not olarak eklenmelidir.

Yazarlara ilişkin dipnot olarak verilen bilgilerde sırasıyla öncelikle sorumlu yazara ait bilgiler (adres bilgileri, e-posta ve OrcID) “Sorumlu yazar/Corresponding author” ifadesi ile yer almalıdır. Alt satırında sorumlu yazar dışında kalan yazarların makaledeki üssel atıf sıralamalarına göre adres bilgileri, e-posta ve OrcID bilgilerine yer verilmelidir.

Bir sonraki alt satırda ise makaleye yapılacak atıf bilgilerine; “(Atıf/Citation)” ifadesi ile yazarların Soyadı ve Adının ilk harfi, Makalenin yılı, Makalenin Başlığı, Derginin Adı, Cilt, Sayı, sayfa numarası şeklinde yer verilmelidir.

**Öz:** Yazar adlarının ardından iki satır boşluk bırakılarak, 10 punto olarak yazılmalı ve 300 kelimeyi geçmemelidir. Paragrafın bitiminde bir satır boşluk bırakılarak anahtar kelimeler 10 punto olacak şekilde alfabetik sıra ile yazılmalı, sayısı 6’yı aşmamalıdır.

**İngilizce Başlık:** Anahtar kelimeleri takiben iki satır boşluk kalacak şekilde 12 punto koyulaştırılmış olarak sayfayı ortalayacak şekilde makalenin İngilizce başlığı konulmalıdır.

**Abstract:** İngilizce başlığın ardından bir satır boşluğu bırakılarak 10 punto olarak yazılmalıdır. Paragrafın bitiminde bir satır boşluk bırakılarak 10 punto olacak şekilde Keywords yazılmalı sayısı 6’yı aşmamalıdır.

Makalenin İngilizce olması durumunda Sıralama İngilizce başlık, yazar adları, Abstract, Türkçe başlık, Öz sırasını izlemelidir.

**Giriş:** Bu bölümde çalışmanın bilimsel hipotezi açıklanmalı, konu ile ilgili yapılmış diğer araştırmalar hakkında bilgiler verilmelidir. Çalışmanın amacı açıkça bu bölümde belirtilmelidir. Giriş bölümü ve metinler “Keywords”den bir satır boşluk bırakılarak 10 punto olacak şekilde yazılmalıdır.

**Materyal ve Yöntem:** Bu bölümde çalışmada kullanılan tüm materyaller, analitik ve istatistiksel yöntemler açıklanmalıdır.

**Bulgular ve Tartışma:** Bu bölümde elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse şekil ve çizelgelerle desteklenerek açıklanmalıdır. Daha önceki literatür dikkate alınarak elde edilen veriler tartışılmalıdır. Şekil ve Çizelgelere mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır. Çizelge ve Şekiller atıftan sonra gelecek en uygun yere konulmalıdır.

**Sonuç:** Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı önerilerle birlikte vurgulanmalıdır.

**Teşekkür (Bilgi Notu):** Çalışmaya katkısı olan kişiler, araştırmacıların katkı oranı, varsa Destek ve Teşekkür beyanı, çatışma beyanı, fon, bağışlar vb. makalenin bu bölümünde belirtilmelidir.

**Şekiller ve Çizelgeler:** Tüm şekil ve çizelgeler numara verilmiş şekilde, makalenin içinde bulunmalıdırlar. Şekil, çizelge ve resimlerin numaralandırması ise Şekil 1, Şekil 2. vb. şeklinde 10 punto ile koyulaştırılarak verilmelidir. Şekil açıklamalarının ardından bir boşluk bırakılarak paragraflar arasında bir boşluk kalacak şekilde ana metin yazılmalıdır. Metin içerisinde yer alan çizelgelerde çizelge numaraları Çizelge 1, Çizelge 2. şeklinde çizelgenin üzerine yazılmalı açıklamaları ise koyulaştırılmamış şekilde olmalı ve çizelge üst sınırı ile açıklama yazısı arasında boşluk bırakılmamalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlükte olmalıdır.

Tüm makalelerde **SI (International System of Units)** ölçü birimleri ve ondalık kesir olarak nokta kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Birimlerde “ / ” kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (4 m/s yerine 4 m s<sup>-1</sup>, 5 kg N ha<sup>-1</sup> gibi).

Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüller 10 punto olacak şekilde ana karakterler ve değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa “Eşitlik 1” şeklinde verilmelidir (ilişkin model, Eşitlik 1’de verilmiştir).

**Kaynakça:** Makale içindeki tüm atıflar, yazar soyadına göre alfabetik sıra ile kaynakça bölümünde verilmelidir.

Makale içindeki atıflarda “yazar, yıl” sistemi kullanılmalıdır, Smith (2007), cümle sonunda ise (Smith, 2007). İki yazarlı ise Smith ve Cash (2007). Üç ve daha fazla yazarlı ise “ilk yazar ve ark.” (Smith ve ark., 2007) şeklinde belirtilmelidir.

Kaynakçada bildirilen atıflar ilk yazarın soyadına göre alfabetik sıra ile yazılmalıdır. İki ya da daha fazla yazarlı atıflarda yazarlar Türkçe kaynaklarda “ve” İngilizce kaynaklarda “and” ile ayrılmalıdır. Ör.1: Şeker, M., Yücel, Z. ve Nurdan, E. 2004. Ör.2: Smith, M., Hill, Z. and Nelson E. 2000.

Aynı yazarın aynı yıla ait makalelerini kaynakça bölümünde gösterirken a, b, c, vs. harfleri yılın sonuna eklenerek gösterilmelidir.

Atıflar kaynakçada alıntılanan kaynağa göre **Harvard referans sistemi** çerçevesinde aşağıdaki gibi gösterilmeli, karakter büyüklüğü olarak 10 punto kullanılmalıdır.

## **Makaleler:**

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın yılı. Makale başlığı. Yayınlandığı Dergi (italik), Cilt(Sayı): Başlangıç ve bitiş sayfası. Şeklinde olmalı

Buragohain, P., Sreedeeep, S., Lin, P., Ni, J. and Garg, A. 2019. Influence of soil variability on single and competitive interaction of ammonium and potassium: experimental study on seven different soils. *Journal of Soils and Sediments*, 19(1): 186-197.

Ferraro, A. and Scremin-Dias, E. 2018. Structural features of species of Asteraceae that arouse discussions about adaptation to seasonally dry environments of the Neotropics. *Acta Botanica Brasílica*, 32(1): 113-127.

**Kitap:**

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın yılı. Kitabın başlığı(italik). Yayınlayan, Şehir veya Ülke, Sayfa Sayısı. Şeklinde olmalıdır.

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 2017. Physiology of crop plants (No. Ed. 2). Scientific Publishers, Jodhpur, India. 327p.

Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. and Heinemann, W.W. 1990. *Feeds and nutrition digest: formerly, Feeds and nutrition—abridged*, The Ensminger Publishing Company, Clovis, CA (1990), 110p.

**Kitabın bir bölümü:**

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın yılı. Bölümün başlığı: Kitabın başlığı, Editör(ler): Editör(ler)in soyadı, ilk ad(lar)ının baş harf(ler)i., Yayınlayan, Şehir veya Ülke, Bölümün başlangıç ve bitiş sayfası. Şeklinde olmalıdır.

Primmer, C. 2006. Genetic characterization of populations and its use in conservation decision-making in fish: *The role of biotechnology in exploring and protecting agricultural genetic resources*, Ed.: Ruane, J., Sonnino, A., FAO, Rome, Italy, pp: 97-104.

**Bildiri kitabı:**

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın Yılı. Bildirinin başlığı. Kongre, sempozyum vb'nin adı, varsa tarihi, Yapıldığı yer, yapıldığı il, sayfası. Şeklinde olmalıdır.

Susurluk, A., S. Hollmer, U.K. Mehta, R. Han, E. Tarasco, O. Triggian, A. Peters and R.-U. Ehlers. 2003. Molecular identification of entomopathogenic nematodes from Turkey, India, China, Italy, Norway, Albania and Germany by PCR-RFLP. 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, 23-29 May 2003, Schloss Salzau, Germany, p:101-103.

**Tez:** Soyadı, Adının ilk harfi., (Yıl), Tezin başlığı, Tezin çeşidi, Üniversite ve Bölüm adı. Şeklinde olmalıdır.

Scheffe, H. 1973. Symptotic Theory of Sequential Fixed- Width Confidence Intervals. Unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics.

**Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:**

Anonim 2005. Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri> (Erişim tarihi: 12.07.2005).

**İnternet:**

TÜBİTAK (2008). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Türkiye Veri Servisi. <http://www.tubitak.gov.tr/tubives> (Erişim tarihi: 11.05.2008).



## BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

### Aim

It is aimed to publish the research and reviews in the fields of agriculture and life sciences in Turkish and English, and to share the knowledge at national and international level.

### Scope

**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**, formerly known as Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, is a **refereed, academic, scientific, international journal** published twice a year, in June and December. Garden plants, plant protection, bioenergy, bio system engineering, genetics, natural resources, food science and technology, animal husbandry, landscaping, ornamental plants and nature conservation, aquaculture, agricultural economics, agricultural machinery, agricultural biotechnology, agricultural structures and irrigation, field crops, soil science and plant nutrition, soilless culture, are the general topics of the journal. Research articles are primarily included in the journal and a limited number of reviews are accepted. Articles submitted must be original and written in Turkish or English. The submitted articles should be unpublished elsewhere. The submitted articles should not be published anywhere else. However, abstract only articles previously published in a congress or symposium may be submitted as full text.

### Publication Policy

It accepts original research and review articles in English and in Turkish. Manuscript submissions should be made from the **DergiPark system** (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>) by the corresponding author. The submitted articles should be neither published nor be under consideration elsewhere. During the submission process, besides (1) the full text articles with the author names and (2) similarity report (Ithenticate) indicating that the full text article has been scanned (must be below 20%), (3) signed and scanned application form, and (4) Conflict of interest, authorship contribution form, Ethics committee approval report, etc. signed by all authors. (5) scanned copy of the copyright transfer form which was signed by all authors must be uploaded to the **DergiPark system** (<http://dergipark.org.tr/login>) via applying the registration procedure. There is no charge for the article to be published in the journal. All rights of the published articles belong to the Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University. Authors are responsible for the scientific content of the article to be published. No royalty is paid to the authors. Only two manuscripts of the same first author are allowed to be published in the same issue. Articles cannot be published or presented somewhere else without our journal permission. Some or all of the articles cannot be used without cited to our journal.

In the articles to be published in our journal; **it is important to refer to at least one publication** published in the previous issues of the journal. The title of the journal should be cited as “**Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.**”

## **Evaluation Process**

The submitted manuscript for publication is taken into consideration by the editor in accordance with the principles of publication. In case of finding not qualified to publish it in the journal, the editor has the right to make a decision to return the articles to the author / authors without sending to the referees. Papers should be written with fluent English without any grammatical and typographical errors. Manuscripts with any of those errors will be rejected and sent to the authors for corrections before submission and review. The journal uses double-blind system for peer-review; both reviewers and authors' identities remain anonymous. The paper will be peer-reviewed at least by two reviewers and one editor from the journal. The authors should upload the corrected manuscript with correction form and answers to the reviewers' comments immediately after receiving the comments. The Editor is the ultimate decision-maker for the publication of the manuscript, taking into account the referee reports and / or the adequacy of the requested corrections. Before the publication of the manuscript, the manuscript is edited and sent to the author for the final check. After the final check of the article, the author signs the request for pre-printing by signing the request and confirmation form. Print errors as a result of incorrect control are the responsibility of the authors. The evaluation process of the article takes approximately 3-4 months. The duration of the process; It may vary according to the referee evaluations, the responses of the authors to the referees and the response time and the referees' request to see the corrections again. The completed works are published within the article limits that should be in the issue of the journal, considering the date of acceptance.

## **Plagiarism Percentage**

Articles that have been submitted to the journal must have been scanned with the plagiarism program (iThenticate Plagiarism Detection Software) (<http://www.ithenticate.com>) before being included in the review process. As a result of the screening, except for the References section, articles with a similarity rate of 20% and below are accepted to the application. It is necessary to upload the iThenticate report to the system along with the article application for the evaluation process.

## **Ethical Guidelines**

The publication process at **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** is the basis of the improvement and dissemination of information objectively and respectfully. Therefore, the procedures in this process improve the quality of the studies. Peer-reviewed studies are the ones that support and materialize the scientific method. At this point, it is of utmost importance that all parties included in the publication process (authors, readers and researchers, publisher, reviewers and editors) comply with the standards of ethical considerations. **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** expects all parties to hold the following ethical responsibilities.

The following ethical duties and responsibilities are written in the light of the guide and policies made by Committee on Publication Ethics (COPE) and directives of YÖK on scientific research and publication ethics. The general ethical behaviors and responsibilities that are expected from all parties (authors, journal editors, referees and publishers) regarding the principles of publication in the peer-reviewed journal are stated below.

### **Author's responsibilities:**

The references list should be complete;

No plagiarism, no fraudulent data is allowed;

It is forbidden to publish same research in more than one journal;

Authors obliged to participate in peer review process;

All authors have significantly contributed to the research;

Statement that all data in article are real and authentic;

All authors are obliged to provide retractions or corrections of mistakes,

Authors should ensure that any studies involving human or animal subjects conform to national, local and institutional laws and requirements.

### **The actions against science research and publication ethics include;**

a) **Plagiarism:** Presenting others' ideas, methods, data, applications, writings, figures or works as if they were their own works, partly or completely, without referring to the scientific rules.

b) **Fraud:** to produce data that is not based on research, to organize or modify the work submitted or published on the basis of unreal data, to report or to publish them, to make a research that has not been done.

c) **Distorting:** Dealing with the records of research and the data obtained, showing the unused methods, devices and materials used in the research, playing with data and / or results to fit the relevant theory or assumptions, or falsifying or shaping the results of the research in the interests of the people and organizations supported.

d) **Slicing:** Presenting the results of a research as separate works by disrupting the uniqueness of the research, by dissecting it inappropriately and making a large number of publications without reference to each other.

e) **Unfair writer:** To include people who do not have active contribution among the authors, not to include the people who have active contribution among the writers, to change the ranking of the authors without any justification and in an inappropriate way, to remove the names of those who have active contributions from the work during publication or in later editions, and to use their influence even if there is no active contribution.

f) **Other types of ethical violations:** Not expressing the contributions of the persons, institutions or organizations that support them in the research, and their contributions in the research,

Not to obey the ethical rules in human and animal research, to respect the rights of patients in their publications,

To share the information contained in a work that he is commissioned to examine as an arbitrator with others,

To use the sources, facilities and devices provided for scientific research out of their use purposes.

To blame for a completely irrelevant, unwarranted and intentional violation of ethics (YÖK Scientific Research and Publication Ethics Directive, Article 8).

### **Peer review/responsibility for the reviewers:**

To contribute to the decision-making process, and to assist in improving the quality of the published paper by reviewing the manuscript objectively.

Reviewers should have no conflict of interest with respect to the research, the authors and/or the research funders;

Judgments should be objective;

Reviewed articles should be treated confidentially.

### **Editorial responsibilities:**

Editors have complete responsibility and authority to reject/accept an article;

Editors should have no conflict of interest with respect to articles they reject/accept;

Only accept a paper when reasonably certain;

Preserve anonymity of reviewers.

No plagiarism, no fraudulent data.

When errors are found, promote publication of correction or retraction;

To act in a balanced, objective and fair way while carrying out their expected duties, without discrimination on grounds of gender, sexual orientation, religious or political beliefs, ethnic or geographical origin of the authors.

### **Duties of the Publisher**

Monitoring/safeguarding publishing ethics by editorial board;

Guidelines for retracting articles;

Maintain the integrity of the academic record;

Preclude business needs from compromising intellectual and ethical standards;

Always be willing to publish corrections, clarifications, retractions, and apologies when needed.

In an article published in the journal, the reader can send an e-mail to [zfdergisi@uludag.edu.tr](mailto:zfdergisi@uludag.edu.tr) when he has any warnings about important scientific error or plagiarism, recurring articles. With the awareness that the journal will be an opportunity for the scientific and technical development of the journal, your warnings / criticisms are welcomed by the editorial board and our improvements are made quickly and constructively.

**Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** is committed to ensuring that commercial revenue has no impact or influence on editorial decisions. In addition, **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** will assist in communications with other journals and/or publishers where this is useful to editors. Finally, we are working closely with other publishers and industry associations to set standards for best practices on ethical matters, errors, and retractions—and are prepared to provide specialized legal review and counsel if necessary.



## **Ethics Committee Approval**

Authors should indicate the name of institute approves the necessary ethical commission report and the serial number of the approval in the **Material and Methods** section. If necessary, editorial board may also request the official document of the ethical commission report. Whether the article requires approval from the ethical committee should be questioned by the authors and editors from the section below.

## **Researches requiring the Ethics Committee's permission are as follows**

- Any research carried out with qualitative or quantitative approaches that require data collection from participants using survey, interview, focus group work, observation, experiment, interview techniques.
- Use of humans and animals (including material / data) for experimental or other scientific purposes.
- Clinical researches on humans.
- Researches on animals.
- Retrospective studies in accordance with the law of protection of personal data.

## **Also;**

- In the case reports, it is stated that the “informed consent form” was taken,
- Obtaining and specifying the permission of the owners for the use of scales, surveys and photographs belonging to others,
- Stating that the copyright regulations are complied with for the ideas and works of art used.

## **Article Writing Rules**

In accordance with TR Index criteria, the articles to be sent to our journal must absolutely comply with the following points.

Ethics committee approval must be obtained separately for clinical and experimental studies on humans and animals that are conducted in all disciplines and require ethical committee decision, **this approval must be stated and documented in the article.**

**Articles should include a statement that the Research and Publication Ethics are complied with.**

**In studies requiring ethics committee approval, information about the permission (name of the board, date and number) should be included in the method section and also on the first / last page of the article.**

It is necessary to comply with copyright regulations for the intellectual and artistic works used.

**At the end of the article; Researchers' Contribution Rate statement, Support and Appreciation Statement if available, Conflict Statement must be submitted.**

Articles should be composed of such sections; Main Title, Abstract, main title in Turkish, Abstract in Turkish, Introduction, Material and Method, Results and Discussion (may be separate), Conclusion, Acknowledgment or Information Note (if necessary) and Resources.

Manuscript should be written in white paper A4 (210 x 297 mm) form, in 10 point, **Times New Roman** font with 1.5 line space with the margins of 2 cm from top and 2 cm from bottom, 2.5 cm from right and left and justified. The file type/format of the manuscript must be in the Microsoft Word format.

All headings, except for the main Title, should be written in small letters except the first letters, bold in 12-font, left-justified and a blank space at the top. After the headings, one line should be left between the headings and the text. The first paragraph should be started at the left-justified and the following paragraphs should be started from 0.5 cm inside.

The manuscript prepared in accordance with the following rules should not exceed 25 pages.

During the preparation of the article; **authors can use the manuscript template from [here](#).**

**Main Title:** Title must be typewritten in **bold 14-point** font Times New Roman, centred, with 1.5 line space and title case. If manuscript is prepared from a thesis or a project, it should be referenced by using a superscript number at the last character of title and should be added as a footnote at the end of the page. **Title should not exceed 20 words.**

**Name(s) of the author(s):** The first letters of the name(s) of the author(s) without a title should be capital in **12-point** font Times New Roman, centered, with one line space with the title. Address(es) of the author(s) should be indicated with a superscript(s) number(s) and added as a footnote at the end of the page.

In the information given as a footnote to the authors, firstly, the information of the corresponding author (address information, e-mail and orcid) should be included with the statement "Corresponding author / sorumlu yazar". The sub-line should include address information, e-mail and OrcID information of the authors other than the corresponding author in the order.

In the next sub-line, citation information of the article should be given with the statement "Atf / Citation". This information should include the surnames and the first letter of the authors, the year of the article, title of the article, Journal Name, Volume, Number, page number.

**Abstract:** Abstract should be written with two line space between author(s) reference(s) in **10-point font Times New Roman** and must not exceed **300** words. Below the abstract "**keywords**" should be written with one line space in **10-point font Times New Roman** and must not exceed **6**.

**Turkish Title:** Turkish title should be written with two line space between key words, in **bold 12-point** font **Times New Roman**, centered.

**Abstract (in Turkish):** Abstract (in Turkish) should be written with two line space between author(s) reference(s) in **12-point font Times New Roman**. Below the abstract Keywords (Anahtar Kelimeler) should be written with one line space in **10-point font Times New Roman**.

**Introduction:** In this section, the problem should be explained and information about previous studies and publications should be given. The purpose of the study should be clearly stated in this section. The introduction section should be written below key words with **10-point font** one line space.

**Materials and Methods:** All materials, analytical and statistical methods should be explained in this section.

**Results and Discussion:** The findings obtained in this section should be given and, if necessary, supported by figures and tables. The obtained data from the research should be discussed according to the results of previous literatures. Figures and tables must be cited in the text. Tables and Figures should be placed in the most appropriate place after the referral.

**Conclusion:** The contribution of the results to science and practice should be emphasized with the suggestions.

**Acknowledgments (Information Note):** The person who contributed to the study, fund and donations should be mentioned in this part of the article.

**Figures and photographs:** All Figures and photographs should be numbered, and adjusted by taking into consideration page margins. The description of the figures should be written in **10-point font Times New Roman** under the figures. Enumerating of figures and photographs should be in format of **Figure 1, Figure 2** etc. in **10-point font Times New Roman bold**. Main text should be written in **10-point font Times New Roman** with one line space between figure descriptions. Enumerating of tables should be in format of **Table 1, Table 2** etc. in **10-point font Times New Roman bold**. Table description should be written in normal font with no space between table and description. Figures should be at least 300 dpi resolution.

SI (International System of Units) units of measure and decimal point must be used in all manuscripts. (Ex.1.25 not 1,25). While giving the units, “4g/kg” should not be used. The wright description should be as “ 4 g kg<sup>-1</sup>” and a space should be given between units.

The formulas should be numbered and the formula number should be shown in brackets to the right next to the formula. The main characters and variables should be in italics, figures and mathematical expressions should be given in plain form as 10-point. If a citation is to be made in the text, it should be given as it “Equality 1” (related model, Equality 1).

**References:** Citations and references should be listed as described below and all citations and references should be in alphabetical order.

Citations in the text should be indicated using “author, year” format; Smith (2007), moreover, (Smith, 2007) if it is placed at the end of the sentence. For two authors, they are indicated as Smith and Cash (2007). Where three or more authors exist for a cited reference, the citation should be formatted as “first author et al. year”; Smith et al. (2007).

References should be listed in alphabetical order according to the last name of the first author. Use “and” in listing two or more than two authors. Example: Smith, M., Hill, Z. and Nelson E. 2000.

In the references section, the same author's articles in the same year, should be indicated as adding the letters a, b, c, etc. to the end of the year.

Citations and references should be written in 10-point font Times New Roman, and the quoted sources should be shown as indicated below according to Harvard reference system.

**Journal:**

Buragohain, P., Sreedeeep, S., Lin, P., Ni, J. and Garg, A. 2019. Influence of soil variability on single and competitive interaction of ammonium and potassium: experimental study on seven different soils. *Journal of Soils and Sediments*, 19(1):186-197.

Ferraro, A. and Scremin-Dias, E., 2018. Structural features of species of Asteraceae that arouse discussions about adaptation to seasonally dry environments of the Neotropics. *Acta Botanica Brasilica*, 32(1): 113-127.

**Book:**

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 2017. *Physiology of crop plants* (No. Ed. 2). Scientific Publishers.

Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. and Heinemann, W.W. 1990. *Feeds and nutrition digest: formerly, Feeds and nutrition—abridged*, The Ensminger Publishing Company, Clovis, CA (1990), 110p.

**Book Chapter:**

Primmer, C. 2006. Genetic characterization of populations and its use in conservation decision-making in fish: The role of biotechnology in exploring and protecting agricultural genetic resources, Ed.: Ruane, J., Sonnino, A., FAO, Rome, Italy, pp: 97-104.

**Proceedings:**

Susurluk, A., S. Hollmer, U.K. Mehta, R. Han, E. Tarasco, O. Triggian, A. Peters and R.-U. Ehlers. 2003. Molecular identification of entomopathogenic nematodes from Turkey, India, China, Italy, Norway, Albania and Germany by PCR-RFLP. *9<sup>th</sup> European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group*, p:101-103, 23-29 May 2003, Schloss Salzau, Germany.

**Thesis:**

Scheffe, H. 1973. Symptotic Theory of Sequential Fixed- Width Confidence Intervals. Unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics.

**Anonymous:**

Anonymous 2005. Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri> (Date of access: 11.05.2008).

**Internet:**

TÜBİTAK (2008). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Türkiye Veri Servisi. <http://www.tubitak.gov.tr/tubives> (Date of access: 11.05.2008).