



**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 38
Volume**

**Sayı 1
Number**

2024

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



TR Dizin

ASOS
indeks

SÖBIAD

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 yaptığımız 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: 38

Sayı / Number: 1

Yıl/Year: 2024

Bursa Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Adına

Sahibi / Owner

Prof.Dr. İlhan TURGUT
Dekan/Dean

Baş Editör/Editor in Chief

Prof.Dr. Hakan ÇELİK

Baş Editör Yardımcısı / Deputy Editor in Chief

Doç.Dr. Asuman CANSEV

Alt Yayın Komisyonu

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

Sekreterya / Secretary

Dr.Öğr.Üyesi Aslıhan YILMAZ

İletişim/Contact

Tel: 0224 294 14 07

Fax: 0 224 294 14 02

e-posta: zfergisi@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 - 2024



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: 38

Sayı / Number: 1

Yıl/Year: 2024

Editörler Kurulu / Editorial Board

Baş Editor

Prof. Dr. Hakan ÇELİK

hcelik@uludag.edu.tr

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Tolga TİPİ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Murat Ali TURAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Ekin SUCU

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor,

Prof. Dr. Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Oya KAÇAR

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

Doç. Dr. Asuman CANSEV

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor, page layout editor

Doç. Dr. Onur TAŞKIN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Dr. Öğretim Üyesi Kadir İLHAN

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: 38

Sayı /Number: 1

Yıl/Year: 2024

Editörler Kurulu / Editorial Board

Diğer Üniversitelerden / From Other Universities

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

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

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

Dr. Gamze BAYRAM, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye



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: 38

Sayı /Number: 1

Yıl/Year: 2024

Danışma Kurulu / Advisory Board

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

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

Diğer Üniversitelerden/From Other Universities

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mustafa BIYIKLI, 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 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: 38

Sayı / Number: 1

Yıl/Year: 2024

BU SAYININ BİLİMSEL HAKEM KURULU
(Scientific Advisory Board)
(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)

Ahmet ÇAT	Siirt Üniversitesi
Alper SAĞLIK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Aynur KARAHAN	Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü
Aynur KONYALI	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Barış Bülent AŞIK	Bursa Uludağ Üniversitesi
Birol DAĞ	Selçuk Üniversitesi
Birol TAŞ	Bursa Uludağ Üniversitesi
Buket AYDENİZ GÜNEŞER	Uşak Üniversitesi
Buket ÖZDEMİR IŞIK	Trabzon Üniversitesi
Ela ERTUNÇ	Konya Teknik Üniversitesi
Emre TUNCA	Düzce Üniversitesi
Fırat ARSLAN	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi
Gökhan İsmail TUYLU	Harran Üniversitesi
Güler ÇELİK	TÜBİTAK
Hakan HEKİMHAN	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Himmet TEZCAN	Bursa Uludağ Üniversitesi
Kamil DUMAN	Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü
Kemal SAPLIOĞLU	Süleyman Demirel Üniversitesi
Mesut BAŞIBÜYÜK	Çukurova Üniversitesi
Mevlüt Batuhan KOŞAR	Bursa Uludağ Üniversitesi Orhangazi Yeniköy Asil Çelik MYO
Murat Güven TUĞAÇ	Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü
Mustafa ÜNLÜ	Çukurova Üniversitesi
Müge ÜNAL ÇİLEK	Fırat Üniversitesi
Nuh BOYRAZ	Selçuk Üniversitesi
Nurgül Arısoy	Selçuk Üniversitesi
Onur GÜNGÖR	İskenderun Teknik Üniversitesi
Onur HOCAOĞLU	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Pınar HEPHİZLİ GÖKSEL	Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü
Soner SOYLU	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Suat KAYMAK	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
Şerife DOĞANAY YENER	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Ulvi ERHAN EROL	Süleyman Demirel Üniversitesi
Yakup ÇIKILI	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Zeki GÖKALP	Erciyes Üniversitesi
Zeliha KÜÇÜKYUMUK	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



İçindekiler / Contents

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

Arazi Toplaştırma Projelerinde Mülakat Tercihlerine Göre Dağıtımın İncelenmesi: Kilis Elbeyli Örneği

Examining the Reallocation According to Interview Preferences in Land Consolidation Projects:
The Example of Kilis Elbeyli

Müge KİRMİKİL, Merve KÜÇÜK.....1

Edirne İlinde Buğday ve Arpa Bitkilerinde Görülen Yaprak Hastalıkları

Leaf Diseases Occurring on Wheat and Barley Plants in Edirne Province of Türkiye

Melis SEİDİ ARSLAN, Arzu ÇELİK OĞUZ, Aziz KARAKAYA13

Farklı Domates Çeşitlerinde Zararlılara Karşı Savunma Yapıları Olan Trikom Yoğunluğunun ve Acylsugar Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Determination of Densities and Acylsugar Concentrations of Trichome as Defence
Structures against Plant Pests in Different Tomato Cultivars

Narin GÖK, Simge ERTAŞ ÖZKAN, Nabi Alper KUMRAL, Nuray AKBUDAK,
Sultan ÇOBANOĞLU, Nimet Sema GENÇER.....27

Gıda Atığı ve Şeker Fabrikası Atığı Kompostlarının Toprak Özellikleri ve Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Gelişimine Etkisi

Effect of Food Waste and Sugar Factory Waste Composts on Soil Properties and
Development of Corn (*Zea mays* L.) Plant

Serhat GÜREL45

Effect of Age, Live Weight and Body Condition Score on Fertility in Estrous Synchronization of Kıvrıkcık Sheep

Kızgınlığın Toplatıldığı Kıvrıkcık Koyunlarında Yaş, Canlı Ağırlık ve Vücut Kondisyon
Skorunun Döl Verimine Etkisi

Farida İbrahim NAGEYE, Mehmet KOYUNCU67

Crop Type Classification using Sentinel 2A-Derived Normalized Difference Red Edge Index (NDRE) and Machine Learning Approach

Sentinel 2A Uydu Görüntüsünden Normalleştirilmiş Fark Kırmızı Kenar İndeksi (NDRE)
Kullanılarak Tarımsal Ürünlerin Makine Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Bere Benjamin BANTCHINA, Kemal Sulhi GÜNDOĞDU89

Arpa Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Osmotik Stres Toleransının Belirlenmesi

Evaluation of Osmotic Stress Tolerance of Barley Cultivars during Germination

Kübra ÖZDEMİR DİRİK, Mazlum ERDEM, İbrahim SAYGILI107

Climate Change Impacts on Precipitation Dynamics in the Southern Marmara Region of Turkey İklim Değişikliğinin Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesi'ndeki Yağış Dinamikleri Üzerindeki Etkileri Ali Kaan YETİK, Burak Nazmi CANDOĞAN	123
Ulaşım Akslarının Yeterliliğinin Bursa Görükle Mahallesi'nde Araştırılması Investigation of the Adequacy of Transportation Axes in Bursa Görükle Neighborhood Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN, Özgür Ekin VARDAR, Elvan ENDER ALTAY	143
Water-Yield Relationships of Green Pepper (<i>Capsicum annuum</i>) Cultivated at Different Irrigation Levels Farklı Sulama Seviyelerinde Yetiştirilen Sivri Biberin (<i>Capsicum annuum</i>) Su-Verim İlişkileri Sinem YILMAZ, Hayrettin KUŞÇU	163
Rekreasyon Alanlarında Peyzaj Tasarım Önerilerinin Geliştirilmesi: Bursa Ayvalı Dere ve Çevresi Development of Landscape Design Suggestions in Recreation Areas: Bursa Ayvalı Dere and Surroundings Sena ŞENGÜL, Elvan ENDER ALTAY	179
Kent Parklarında Kullanılan Odunsu Peyzaj Bitkileri Üzerine Etnobotanik Bir Araştırma An Ethnobotanical Research On Woody Landscape Plants Used In Urban Parks Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ, Ş. Doğanay YENER	203
DERLEMELER (Reviews)	
<i>Rhynchosporium commune</i>'ye Karşı Konukçu Dayanıklılığı Host Resistance to <i>Rhynchosporium commune</i> Şükriye YILDIRIM, Arzu ÇELİK OĞUZ	221
Önemli Bir Fitopatojen Bakteri Cinsi: <i>Xanthomonas</i> <i>Xanthomonas</i> : An Important Genus of Phytopathogenic Bacteria Gökhan ERARSLAN, Aziz KARAKAYA	243
Kızartma ile Oluşan Isıl Proses Kirlenmeleri ve Sağlık Etkileri Thermal Process Contaminants by Frying and It's Health Effects Kezban ŞAHİN, Saniye BİLİCİ	283



Arazi Toplulaştırma Projelerinde Mülakat Tercihlerine Göre Dağıtımın İncelenmesi: Kilis Elbeyli Örneği^A

Müğe KİRMİKİL^{1*}, Merve KÜÇÜK²

Öz: Arazi toplulaştırma projeleri parçalı, dağınık, bozuk şekilli parsellerin düzenlenmesini ve bunun yanında parsellere gerekli altyapı hizmetlerinin ulaştırılabilmesini sağlar. Toplulaştırma süreci zaman ve emek gerektiren birbiri ile bağlantılı birçok aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan biri de mülakat sürecidir. Mülakatlar, yeni dağıtım için tercihlerin alındığı, maliklerle yapılan birebir görüşmelerdir. Yapılan mülakatlar sürecinde maliklerden alınan tercihler dağıtım aşamasını doğrudan etkilemektedir. Mülakatlarda tek tercih alınması ve tercihlerin genellikle aynı bloklar üzerinde yoğunlaşması, dağıtımın zorlaşmasına ve tercihlerin yerine getirilememesine neden olmaktadır. Bu çalışmada; Kilis Elbeyli toplulaştırma projesine ait veriler kullanılmıştır. Mülakat tercihleri doğrultusunda, geleneksel ve otomatik dağıtım yöntemlerine göre maliklerin tercihlerine yerleşip yerleşme durumları incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toplulaştırma projesinde parsel sayısının geleneksel dağıtımda 652'den 586'ya düştüğü, otomatik dağıtımda ise 1564'e çıktığı saptanmıştır. Alınan tercih sayıları incelendiğinde tek tercih sayısının oldukça yüksek olduğu görülmüştür. İlk tercihinde, bulunduğu bloğu tercih edenlerin oranı %94.76'dır. Tercihlere yerleşme oranı geleneksel dağıtımda %70, otomatik dağıtımda ise %45.34 bulunmuştur. Çalışmada arazi toplulaştırma projelerinde maliklerden alınan tercih sayılarının projeye etkilerine ve mülakatın doğru şekilde yapılmasının önemine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi toplulaştırması, dağıtım, mülakat, tercih.

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Müge KİRMİKİL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, muge@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6832-7742](https://orcid.org/0000-0002-6832-7742)

² Merve KÜÇÜK, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, mervekucuk@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3397-2474](https://orcid.org/0000-0003-3397-2474)

Examining the Reallocation According to Interview Preferences in Land Consolidation Projects: The Example of Kilis Elbeyli

Abstract: Land consolidation projects ensure the arrangement of fragmented, dispersed and irregularly shaped parcels, as well as providing the necessary infrastructure services to the parcels. The consolidation process consists of many interconnected stages that require time and effort. One of these stages is the interview process. Interviews are one-on-one meetings with landowners where preferences for the new reallocation are obtained. The preferences received from the landowners during the interviews directly affect the reallocation phase. Receiving a single preference in interviews and the fact that preferences are generally concentrated on the same blocks causes reallocation to become difficult and preferences not to be fulfilled. In this study; Land consolidation data of Kilis Elbeyli was used. In line with the interview preferences, the settlement status of the landowners according to their preferences according to traditional and automatic reallocation methods was examined and the results obtained were compared and evaluated. According to the results obtained, it was determined that the number of parcels in the consolidation project decreased from 652 to 586 in traditional reallocation and increased to 1564 in automatic reallocation. When the number of preferences received was examined, it was seen that the number of single preferences was quite high. In first preference, the percentage of landowner who prefer the block where it is located are 94.76%. The realization rate of preferences was found to be 70% in traditional reallocation and 45.34% in automatic reallocation. In land consolidation projects, the effects of the number of preferences received from the landowners on the project and the importance of conducting the interview correctly were mentioned.

Keywords: Reallocation, land consolidation, interview, preference.

Giriş

Tarım arazilerinin parçalanması, sürdürülebilir tarımın önündeki en büyük engellerden biridir (Değirmenci ve ark., 2017, Ertunç ve Janus 2021). Arazilerin parçalanarak küçülmesi, arazilerin tarımsal üretim için uygun olmayan hale gelmesine, işgücü ihtiyacı ve diğer girdi maliyetlerinin artmasına, bu nedenlerle de çiftçilerin ekonomik rekabet gücünü zayıflamasına ve tarımsal üretimde net gelirin azalmasına yol açmaktadır (Blaikie ve Brookfield, 1987; Paudel, 2001; Niroula ve Thapa, 2007; Thapa ve Niroula, 2008).

Arazi toplulaştırma projeleri ile parsellerin birleştirilmesi ve şekillerinin tarımsal üretime uygun şekilde düzenlenebilmesi sağlanmaktadır. Bu açıdan arazi toplulaştırma projeleri parçalanmanın olumsuz etkilerinin hızlı bir şekilde giderilebilmesi için en etkili yöntemdir (Markuszevska, 2013; Muchová, 2019; Munnangi ve ark., 2020; Wojewodziec ve ark. 2021). Toplulaştırma projeleri ile tarımsal üretim için gerekli iyileştirmelerin yapılabilmesi, çiftçilerin yaşam standartlarını yükseltecek teknik, sosyal ve kültürel tedbirlerin alınabilmesi

amaçlanmaktadır (Thapa ve Niroula, 2008; Akşit, 2013; Arslan ve Değirmenci, 2016; Kesici Bahar ve Kirmikil, 2021; Ertunç ve ark., 2021; Ertunç ve Uyan, 2022).

Arazi toplulaştırma projeleri birçok aşamadan oluşmaktadır. Toplulaştırma projesini oluşturan aşamalardan biri de mülakat sürecidir. Malikler onaylı blok planı, derecelendirme haritası ve mülkiyet listeleri kullanılarak mülakatlar esnasında bilgilendirilir (Resmî Gazete, 2019). Bu aşamada toplulaştırma sonrası parsellerin yerleştirilmesi istenilen blok tercihleri alınır. Maliklerin hangi blokta arazisini birleştirmek istediği, komşuluk durumları, hisse ayırma gibi istekleri ve tercihleri mülakat formlarına işlenmektedir (Demiraslan ve ark., 2019; Kirmikil, 2019). Mülakat sonucunda düzenlenen formlar arazi malikleri, ilgili köy veya mahalle muhtarı, proje mühendisi ve kontrol mühendisleri tarafından imzalanır (Resmî Gazete, 2019).

Mülakatların doğru ve toplulaştırma amacına uygun şekilde yapılmasının proje süresi, kalitesi ve başarısı üzerinde etkisi olduğu gibi maliklerin memnuniyeti açısından da oldukça önemli bir yeri vardır. Maliklerin mülakat sürecinde taleplerini doğru ve eksiksiz ifade edebilmeleri, parsellerinin yeni yerlerinin belirlenmesinin mülakat tercihlerine göre gerçekleştirilebilmesini, projeye olan güveni ve kabul edilebilirliği etkilemektedir (Kaya Sayın, 2019). Bunun yanında tercihler alınırken arazi maliklerinin toplulaştırma hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları veya mülakata katılmamaları toplulaştırma sürecini zorlaştırmaktadır (Demiraslan ve ark., 2019).

Toplulaştırma sürecinde proje mühendisinin arazi toplulaştırması konusunda tecrübeli olması ve arazi maliklerine olan yaklaşımı oldukça önemlidir. Arazi toplulaştırma projelerinin başarısı, proje aşamalarında arazi malikleri ile sağlıklı iletişim kurulması ile artmaktadır (Arslan ve Değirmenci, 2016). Proje mühendisi arazi maliklerinin anlayabileceği bir dil kullanılarak açıklamalar yapılmalı ve her aşamada soruları cevaplayabilmelidir (İldeniz ve Demiryürek, 2015; Kahramanoğlu ve Dağdelen, 2018). Toplulaştırma projelerinin başarı ile tamamlanabilmesi için proje mühendisi başlangıçtan proje bitimine kadar tüm aşamaları iyi şekilde yönetilebilmelidir (Karaönder ve Gürel, 2021).

Proje mühendisleri, parsellerin yeri ve özellikleri ile diğer konuları birlikte değerlendirebildiğinden arazi maliklerinin ikna edilmesi yoluyla mülakat aşamasında tercihlerin mantıklı ve birden fazla alınmasını sağlamalıdır (Kirmikil, 2019). Mülakatlar sırasında malikler doğru şekilde yönlendirilmeli ve tercihlerin proje alanının bütününe yayılmasına dikkat edilmelidir. Mülakatlar yapılırken doğru şekilde yönlendirilmeyen arazi sahipleri uygun birleştirmeleri düşünememekte ve bilinçsizce tercih yapabilmektedir. Bazı bloklara aşırı yüklenilmesi diğer blokların boş kalmasına neden olduğu gibi dağıtımda tercihlerin karşılanamaması sonucuna yol açmaktadır. Bu nedenle mülakatlarda tercihlerin alınması yanında, alternatif çözümlerle maliklerin bilinçlendirilmesi de önemlidir (Ayten, 2007). Katılımcıların ilk isteğinin her zaman yerine getirilmesi ve tek tercihle dağıtımda blokların dengelenmesi olası değildir. Bu nedenle özellikle birden fazla parselle sahip işletmelerden mutlaka ikinci ve üçüncü tercihlerin alınması gereklidir (Kirmikil, 2019).

Mülakat aşaması sonucunda elde edilen tercihlere ve proje verimliliğine göre parsellerin yeni yerleri belirlenerek dağıtım aşaması gerçekleştirilmektedir (İnceyol ve Çay, 2022). Dağıtım aşamasının planlanmasında iki farklı yöntem kullanılabilir. Geleneksel dağıtım yöntemi, tablolama yazılımı benzeri ekranda arazi maliklerinden alınan tercihler göz önünde bulundurularak (mümkün olduğunca birinci tercihler blok

dengelemelerinin mümkün olmadığı durumlarda ikinci veya üçüncü tercihleri dikkate alınarak) proje mühendisinin inisiyatifine göre yapılmaktadır. Otomatik dağıtım ise belirlenen algoritmalar ile dağıtım planının hazırlandığı yöntemidir. Otomatik dağıtımda, parseller planlanan bloklara otomatik olarak yerleştirilir. Otomatik dağıtım, oldukça karmaşık ve zaman alıcı olan dağıtım aşamasında proje mühendisinin işini kolaylaştırmaktadır (Keskin, 2014).

Bu çalışmada Kilis Elbeyli toplulaştırma projesinin geleneksel ve otomatik dağıtım yöntemlerine göre dağıtım sonucunu maliklerin tercihlerine yerleşip yerleşememe durumları incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Arazi toplulaştırma projelerinde maliklerden alınan tercih sayılarının projeye etkilerine ve mülakatın doğru şekilde yapılmasının önemine değinilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada; Kilis Elbeyli arazi toplulaştırması öncesi ve sonrası verileri kullanılmıştır. Verilerin işlenmesinde ve değerlendirilmesinde, öncesi ve sonrası parselasyon haritalarının oluşturulmasında, arazi toplulaştırma projelerinin kolay ve hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayan LiCAD ve NETCAD yazılımları kullanılmıştır. Elbeyli toplulaştırma projesine ait mülkiyet bilgileri, projeyi yürüten yüklenici firmalardan temin edilmiştir.

Arazi toplulaştırma projelerinde dağıtım işlemi geleneksel (elle dağıtım) ve otomatik dağıtım olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir. Geleneksel dağıtım yöntemi, proje mühendisinin mümkünse maliklerin ilk tercihlerini göz önünde bulundurarak dağıtım yapma ilkesine dayanır. Ancak birinci tercihin mümkün olmadığı durumlarda, ikinci ve üçüncü tercihler gibi alternatif seçenekler de dikkate alınarak dağıtım gerçekleştirilir.

Dağıtım aşamasında, parsellerde meydana gelebilecek yer değişiklikleri nedeniyle maliklerin topraklarının değerinde oluşabilecek haksızlıkları önlemek amacıyla toprak endeks değerleri göz önüne alınarak dağıtım yapılır. Bu amaçla her bir parsel için bir "parsel değer sayısı (PDS)" ve aynı şekilde her bir blok için bir "blok değer sayısı (BDS)" hesaplanır. Bu hesaplamalar, aşağıdaki eşitlikler (Eşitlik 1 ve 2) kullanılarak gerçekleştirilir (Arıcı ve Akkaya Aslan, 2014):

$$PDS = \frac{\text{Parsel Endeksi}}{100} \times \text{Parsel Alanı (m}^2\text{)} \quad \text{Eşitlik 1}$$

$$BDS = \frac{\text{Blok Endeksi}}{100} \times \text{Blok Alanı (m}^2\text{)} \quad \text{Eşitlik 2}$$

Otomatik dağıtım, proje mühendislerine işlerini kolaylaştırma ve zaman tasarrufu sağlama amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, planlanmış bloklara parsellerin otomatik olarak yerleştirilmesini içerir. NETCAD yazılımı içerisindeki NETTOP modülü altında oluşturulan otomatik dağıtım, katılımcıların tercihlerini ve parsellerin konumlarını dikkate alarak dağıtım işlemini gerçekleştirir.

Otomatik dağıtımın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle katılımcıların tercihleri programa girmelidir. Program, her parselin hangi blokta bulunduğunu tespit etmek için blok haritası ile parsel haritasını karşılaştırır ve her parselin bulunduğu blok alanını kaydeder. Katılımcı tercihleri girilirken, parseller üzerinde sabit tesislerin olup olmadığı da belirtilmelidir. Dağıtım aşamasında, korunması gereken sabit tesisler öncelikli olarak dağıtılır ve buldukları blokta kalır. Program, sabit tesislerin önemini bir ağırlık değeri ile değerlendirir. Bu ağırlık değeri genellikle 1 olarak belirlenir, bu da sabit tesislerin kesinlikle korunması gerektiğini ve bu parsellerin yer değiştirmeyeceğini ifade eder. Eğer sabit tesislerin dikkate alınmadığı bir durum varsa, bu ağırlık değeri 0 olarak ayarlanır ve bu durumda parsellerin yer değiştirmesi mümkün olur (Keskin, 2014). Bu çalışmada sabit tesis ağırlığı 1, maliklerin sahip olduğu toplam hisse sayısı toplam malik sayısı olarak alınmıştır.

Toplulaştırma başarısını gösteren toplulaştırma oranı Eşitlik 3'te verilmiştir (Arıcı, 1994; Eminoğlu ve Çakmak, 2013):

$$\text{Toplulaştırma oranı (\%)} = \frac{\text{TOPS} - \text{TSPS}}{\text{TOPS}} \quad \text{Eşitlik 3}$$

TOPS= Toplulaştırma öncesi parsel sayısı

TSPS= Toplulaştırma sonrası parsel sayısı

Bu çalışmada Kilis Elbeyli'de gerçekleştirilmiş olan toplulaştırma projesi, mülakat çıktıları ve dağıtım sonuçları incelenmiş hem geleneksel hem de otomatik dağıtım için tercihlere yerleşip yerleşmeme durumları karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Elbeyli parsel sayısı değişimine ait veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre arazi toplulaştırmasından önce 652 adet olan parsel sayısı, geleneksel dağıtımda 586 adete düşerken, otomatik dağıtımda 1564 parsel çıkmıştır. Geleneksel dağıtımdaki toplulaştırma oranı %10 olarak oldukça düşük bulunmuştur. Otomatik dağıtımda ise parsel sayısında büyük bir artış görülmektedir. Başayığıt ve ark. (2016), Türkiye'de 33 ilde gerçekleştirilen toplam 507 projedeki ortalama toplulaştırma oranının %48 olduğunu belirtmişlerdir (Arslan, 2020). Toplulaştırma projelerinin temel amacı arazilerdeki parçalanmanın giderilmesi ve parsel sayısının azaltılmasıdır. Fakat yapılan mülakatlarda alınan tek tercih sayısının fazla olması geleneksel dağıtımda proje mühendisini zorladığı gibi otomatik dağıtım sonuçlarını da olumsuz etkilemektedir. Tercih sayılarının belirlenebilmesi amacıyla mülakat verileri incelenmiş ve alınan tercih sayıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Arazi Toplulaştırma Öncesi ve Sonrası Parsel Sayısı Değişimi

Arazi Toplulaştırması Öncesi				Arazi Toplulaştırması Sonrası		
Toplam İşletme Sayısı	Toplam Parsel Sayısı	Toplam Parsel Alanı (da)	Dağıtım Çeşidi	Toplam İşletme Sayısı	Toplam Parsel Sayısı	Toplam Parsel Alanı (da)
Elbeyli 608	652	15376.64	Geleneksel Dağıtım	608	586	14666.86
			Otomatik Dağıtım	608	1564	14666.86

Alınan tercih sayıları incelendiğinde tek tercih sayısının oldukça yüksek, üç tercih sayısının ise oldukça düşük olduğu görülmüş, tek tercih oranı %97.57 bulunmuştur. İki ve üç tercih oranları sırasıyla %1.79 ve %0.48'dir. Kirmikil ve ark. (2021) yapmış oldukları çalışmada, toplulaştırma projelerinde mülakatın önemine değinmiş, çalıştığı Kesik köyünde tek tercih oranını %65 bulmuştur. Kirmikil (2019), çalışmasında incelediği üç köyde tek tercih sayılarını %100, %96.01 ve %85.96 olarak bulmuştur. Yapılan mülakatlarda amaç maliklerin tercihlerini doğrudan yazmak olmamalıdır. Dağıtım aşamasında tikanmaların önlenmesi, mülakatlarda alınan tercih sayılarına bağlıdır. Malikler mülakat esnasında doğru şekilde yönlendirilmeli, olası tüm alternatifler ve birleştirmeler düşünülmeli ve mümkün olduğunca ikinci ve üçüncü tercihler alınmalıdır. İkinci ve üçüncü tercih sayılarındaki artış, dağıtım aşamasını kolaylaştırmakta, projeye gelen itirazları azaltmakta ve böylece projenin daha kısa sürede tamamlanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Çizelge 3'te tercihlerinden biri bulunduğu blok olan malik sayıları verilmiştir. Tercihlerinden biri, bulunduğu blok olan maliklerin oranı %95.49'dur. İlk tercihinde bulunduğu bloğu tercih edenlerin sayısı oldukça yüksektir. Maliklerinin uzun yıllardır işlemekte oldukları arazilerinde meydana gelecek değişiklikten endişe duymalarından dolayı, parsellerin yerinde kalması görüşü hakimdir. Bu durum, eski bloğa tek tercih verilmesine neden olabilmektedir.

Çizelge 2. Tercih Sayıları

	Adet	Oran (%)
1 tercih	4362	97.57
2 tercih	99	1.79
3 tercih	21	0.48
Tercih olmayan	7	0.16
Toplam	4369	100

Çizelge 3. Bulunduğu Bloğu Tercih Edenler

	Adet	Oran(%)
1.Tercih Bulunduğu Blok	4140	94.76
2.Tercih Bulunduğu Blok	31	0.71
3.Tercih Bulunduğu Blok	1	0.02
Bulunduğu Blok Tercih Edilmemiş	190	4.35
Tercih yapmayan	7	0.16
Toplam	4369	100

Maliklerin tercihlerine yerleşip/yerleşememe durumları askı sürecinde yapılan itirazları ve dolayısıyla proje süresini etkilemektedir. Geleneksel ve otomatik dağıtım sonuçlarına göre maliklerin tercihlerine yerleşip/yerleşememe durumları Çizelge 4'te verilmiştir. Geleneksel dağıtım sonucunda maliklerin mülakatta belirttiği birinci tercihlerine yerleşme oranı %64.93 olarak bulunurken otomatik dağıtımda bu oranı %45 dir. Geleneksel dağıtımda maliklerin %34.84 'ü tercihlere yerleşemezken otomatik dağıtımda bu oran %54.50 bulunmuştur. Tek tercih sayısının fazla olması, dağıtım aşamasında blok dengelemesini zorlaştırmakta bu durum maliklerin tercihlerine yerleşememesine neden olmaktadır. Her iki dağıtım yönteminde de üçüncü tercihine yerleşen malik bulunmamaktadır.

Çizelge 4. Tercihlerin Dağıtım İstatistiği

	Geleneksel Dağıtım		Otomatik Dağıtım	
	Adet	Oran(%)	Adet	Oran(%)
1.Tercihine Yerleşen	2837	64.93	1966	45.00
2.Tercihine Yerleşen	3	0.07	15	0.34
3.Tercihine Yerleşen	0	0	0	0
Tercihine Yerleşemeyen	1522	34.84	2381	54.50
Tercih Yapmayan	7	0.16	7	0.16
Toplam	4369	100	4369	100

Sonuç

Arazi toplulaştırma projeleri, tarım topraklarının verimliliğini artırmak ve tarım işletmelerini daha sürdürülebilir hale getirmek amacıyla kullanılan önemli tarım yönetimi stratejilerinden biridir. Bu tür projelerde, tarım arazisinin parçalı yapısı düzeltilir ve daha büyük ve kullanışlı parseller oluşturulur. Mülakat tercihleri ise bu tür projelerin başarısını etkileyebilecek önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle mülakat aşamasında maliklerden birden fazla tercih alınması önemlidir.

Bu çalışmada, mülakat aşamasında alınan tercihler ile geleneksel ve otomatik dağıtım yöntemleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, parsel sayısının geleneksel dağıtımda 652'den 586'ya düştüğü, otomatik dağıtımda ise 1564'e çıktığı saptanmıştır. Tek tercih sayısının oldukça yüksek olduğu, ayrıca tek tercih yapan maliklerinin %93.92'sinin eski bulunduğu bloğa tercih ettiği bulunmuştur. Geleneksel ve otomatik dağıtım yöntemleri karşılaştırıldığında tercihlere yerleşme oranının geleneksel dağıtımda toplamda %70 olduğu, otomatik dağıtımda ise bu oranın %45.34 olduğu görülmektedir.

Doğru şekilde yapılmış mülakat çalışması başarılı bir dağıtım aşamasının temelini oluşturmaktadır. Geleneksel dağıtım, tercihlere ve blok doluluk oranlarına göre proje mühendisi tarafından deneme yanılma yoluyla yapılmaktadır. Bu süreçte birçok farklı faktörün dikkate alınması gerekmekte ve proje mühendisi birçok farklı çözüm olasılığından en uygun olan tercihi seçmeye çalışmaktadır. Toplulaştırma projelerinde teknolojinin kullanılması bu karmaşık ve zorlu süreci kolaylaştırabilmektedir. Otomatik dağıtım işlemi ile dağıtım süreci

dakikalar içerisinde tamamlanabilmektedir. Ancak projeden projeye değişen birçok faktör bulunmaktadır. Otomatik dağıtımın köye ait bu değişken faktörlere ve mülakat formlarına işlenen açıklamalara göre yapılamaması, yeterli sayıda ikinci ve üçüncü tercihlerin olmaması ve tercih yapmayan maliklerin bulunmaması, otomatik dağıtım başarısı olumsuz etkilemektedir.

Toplulaştırmanın her aşamasında otomasyonun geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Otomatik dağıtım yönteminin, özellikle mülakat formlarındaki açıklama kısmına not edilen hususların dikkate alınmasına yönelik iyileştirilip geliştirilmesi, toplulaştırma projelerinin daha kısa sürede ve kolaylıkla tamamlanmasını sağlayabilir. Bunun yanında otomatik dağıtımın toplulaştırma amacına uygun çözümler üretebilmesi için mülakatlarda alınan tercih sayısının yeterli düzeyde olması gerekmektedir.

Maliklerle yapılan mülakatlar sırasında proje mühendisi tüm detayları düşünmeli, olası tüm alternatifleri sunabilmeli, katılımcılardan birden fazla tercih alabilmelidir. Özellikle proje mühendisinin toplulaştırma alanı iyi tanınması ve yeterli bilgiye sahip olması, katılımcı ile aynı dili konuşabiliyor olması güven duygusunu artırır. Bu ise doğru tercihlerin alınarak dağıtım aşamasını kolaylaştırmaya ve proje sonunda gelebilecek itirazların azalmasına neden olabilmektedir.

Köyde ikamet etmeyen arazi malikleri, çoğunlukla proje işleyişini takip edememektedir. Sahip oldukları arazileri için tercihleri, köyde yaşayan bir yakını veya muhtar tarafından yapılmakta, genellikle bulunduğu blok tek tercih olarak girilmektedir. Bu ise toplulaştırma projelerinin amacına uygun yapılmasını ve işleyişini zorlaştırmaktadır. Mülakat çalışmalarının başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için mülakata yeterli katılımın sağlanması amaçlanmalıdır. Mülakatlara katılımın artırılması, maliklerin toplulaştırma projelerinin amacı, önemi, süreci ve işleyişi konusunda bilgilendirilmesiyle mümkündür. El broşürleri, kamu spotları ve gerekli bilgilendirme toplantıları, toplulaştırmaya olan bakış açılarında olumlu etki yaratabilir. Başarılı şekilde toplulaştırılması gerçekleştirilmiş alanların ziyareti, maliklerin toplulaştırmanın ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini yerinde görmesi, toplulaştırma projelerine olan bakış açısını ve güvenini arttıracaktır. Böylece mülakata katılım oranının artması sağlanabilir.

Sonuç olarak arazi toplulaştırma projelerinde mülakat aşaması, ifrazı etkileyen önemli bir aşamadır. Dağıtım işlemi manuel olarak proje mühendisi tarafından yapıldığında maliklerin mülakat formunda belirttiği yeni parsel konumu ve varsa özel istekleri göz önünde bulundurularak dağıtılmaktadır. Ancak her isteğin titizlikle değerlendirilerek dağıtılması yoğun emek ve zaman gerektirmekte, proje teslim süresini uzatmaktadır. Otomatik dağıtım ise özellikle mülakat formunun açıklama kısmında yer alan ve malikler tarafından belirtilen özel durumlar dikkate alınmadan sadece tercihlere göre yapılmaktadır. Dağıtımın otomatik olarak yapılmasının en önemli avantajı, proje dağıtım süresini kısaltarak yer teslim sürecini hızlandırmaktır. Ancak otomatik dağıtımda daha önce de değinildiği gibi mülakat formlarında belirtilen özel durumların dikkate alınmaması askı süreçlerini uzatabilmekte bu ise yer teslimlerini geciktirebilmektedir.

Mülakat tercihlerine göre arazi toplulaştırma projelerinin dağıtımını incelemek, projelerin başarı oranını artırabilir ve toplumun bu tür projelere daha olumlu bir şekilde yaklaşmasına yardımcı olabilir. Bu süreci titizlikle planlamak ve uygulamak, başarılı bir arazi toplulaştırma projesi için önemlidir.

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 herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Arıcı, İ. 1994. Arazi Toplulaştırması. U.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları, Bursa, 121s
- Arıcı, İ. ve Akkaya Aslan, Ş., T. 2014. Arazi toplulaştırması planlama ve projelmesi. Bursa, 237.
- Akşit, S. 2013. Arazi Toplulaştırması Üzerine Çiftçi Algısı: Yeşildere Örneği (Denizli). *The Journal of Academic Social Science Studies*, 6(3):1-19.
- Arslan, F. ve Değirmenci, H. 2016. Çiftçilerin arazi toplulaştırma projesine bakışı: Kahramanmaraş Türkoğlu ilçesi ve köyleri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 30(2):23-34.
- Arslan, F. 2020. Arazi toplulaştırma projelerinde coğrafi mekansal ve istatistiksel analizler. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Ayten, T. 2007. Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Optimizasyon. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı.
- Başayığıt, L., Aydın, M. ve Uçar, Y. 2016. Arazi toplulaştırma yapılan alanlarda yeniden parçalanmanın uydu görüntüleri ile izlenmesi. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 2016, Adana, 888–894.
- Blaikie, P.M. and Brookfield, H. 1987. Defining and debating the problem. In: Blaikie, P.M., Brookfield, H. (Eds.), *Land Degradation and Society*. Methuen, London, 296.
- Değirmenci, H., Arslan, F., Tonçer, R. ve Yoğun, E. 2017. Arazi toplulaştırma öncesi parsel şekilleri ve arazi parçalanmasının değerlendirilmesi: Niğde Misli Ovası Tırhan Köyü örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(3):182-189. <https://doi.org/10.13002/jafag4356>
- Demiraslan, M., Özer, U. ve Eraslan, H. Arazi toplulaştırması uygulamalarında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri, 17. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2019, Ankara.
- Eminoğlu, G. ve Çakmak, B. 2013. Burdur-Kemer-Elmacık Köyü arazi toplulaştırma etkinliğinin değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (5), 39-53.
- Ertunç, E. ve Janus, J. 2021. Arazi toplulaştırma projelerinin arazi parçalanma değişimine etkisi: Türkiye ve Polonya örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1): 226-234. <https://doi.org/10.30910/turkjans.775227>

- Ertunç, E., Uyan, M. and Tongur, V. 2021. Land reallocation model with simulated annealing algorithm. *Surv. Rev.* 53 (380):383–389. <https://doi.org/10.1080/00396265.2020.1780406>
- Ertunç, E. and Uyan, M. 2022. Land valuation with Best Worst Method in land consolidation projects. *Land Use Policy*, 122, 106360. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106360>
- İldeniz, E. ve Demiryürek, K. 2015. Samsun İli Bafra İlçesi Sol Sahil Köylerinde Yapılan Arazi Toplulaştırmasına Zorunlu ve İstemli Katılan Çiftçilerin Tutum ve Davranışlarının Karşılaştırılması. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 1(2): 20-27.
- İnceyol, Y. and Çay, T. 2022. Comparison of traditional method and genetic algorithm optimization in the land reallocation stage of land consolidation. *Land Use Policy*, 115, 105989. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.105989>
- Kahramanoğlu, E. ve Dağdelen, N. 2018. Aydın dalama ovasında arazi toplulaştırma çalışmalarının tarla içi geliştirme hizmetleri ve çiftçi memnuniyeti açısından irdelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2):59-66. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.425516>
- Karaönder, İ. ve Gürel, A. 2021. Tarımsal Arazi Maliklerinin Arazi Toplulaştırma Projelerinin Çeşitli Aşamalarındaki Davranış ve Görüşlerinin Değerlendirilmesi: Çanakkale İli Örneği. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(1):25-31. <https://doi.org/10.51765/tayod.842543>
- Kaya Sayın M. 2019. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Uygulama Aşamasında Yapılan İtirazların İrdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kesici Bahar, S. and Kirmikil, M. 2021. The evaluation of agricultural landowner inputs before and after land consolidation: the Kesik Village example. *Land Use Policy*, 109, 105605. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105605>
- Keskin, B. 2014. Arazi Toplulaştırmasında İstek Öncelikli Otomatik Dağıtım Modelinin Performans Değerlendirmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kirmikil, M. 2019. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Mülakat Çalışmalarının Önemi. *Social Sciences*, 14(5):2291-2301. <http://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.37014>
- Kirmikil, M., Terzioğlu, B., and Durgut, A. 2021. The Importance of Interview on The Land Consolidation Projects: The Case Study in Kesik Village. *J. Biol. Environ. Sci*, 15(43):39-45.
- Markuszevska, I. 2013. Land consolidation as an instrument of shaping the agrarian structure in Poland: a case study of the wielkopolskie and dolnoslaskie voivodeships. *Quaest. Geogr.*, 32(3):53–67. <https://doi.org/10.2478/quageo-2013-0027>
- Muchová, Z. 2019. Assessment of land ownership fragmentation by multiple criteria. *Survey Review*, 51(366):265-272. <https://doi.org/10.1080/00396265.2017.1415663>

- Munnangi, A.K., Lohani, B. and Misra, S.C. 2020. A review of land consolidation in the state of Uttar Pradesh, India: qualitative approach. *Land Use Policy*, 90, 104309.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104309>
- Niroula, G.S. and Thapa, G.B. 2007. Impacts of land fragmentation on input use, crop yield and production efficiency in the mountains of Nepal. *Land Degradation and Development* 18(3): 237–248.
<https://doi.org/10.1002/ldr.771>
- Paudel, G.S. 2001. Farmers' land management practices in the hills of Nepal: a comparative study of watersheds "with" and "without" external intervention. Ph.D. Dissertation, Asian Institute of Technology, Klong Luang, Thailand.
- Resmî Gazete, 2019. Arazi Toplulaştırması ve Tarla içi Geliştirme Hizmetleri Uygulama Yönetmeliği Birinci Bölüm, Tarih: 07.02.2019, Sayı: 30679, Ankara.
- Thapa, G.B. and Niroula, G.S., 2008. Alternative options of land consolidation in the mountains of Nepal: an analysis based on stakeholders' opinions. *Land Use Policy* 25 (3), 338–350.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.09.002>
- Wojewodzic, T., Janus, J., Dacko, M., Pijanowski, J., and Tazsakowski, J. 2021. Measuring the effectiveness of land consolidation: An economic approach based on selected case studies from Poland. *Land Use Policy*, 100, 104888. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104888>



Edirne İlinde Buğday ve Arpa Bitkilerinde Görülen Yaprak Hastalıkları^A

Melis SEİDİ ARSLAN¹, Arzu ÇELİK OĞUZ², Aziz KARAKAYA^{3*}

Öz: Edirne il ve ilçelerindeki arpa ve buğday ekiliş alanlarındaki yaprak hastalıklarını tespit etmek amacıyla 1-5 Mayıs 2018 tarihleri arasında sürvey yapılmıştır. İncelenen buğday tarlalarında *Septoria tritici*, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* ve *Pyrenophora tritici-repentis* tarafından meydana getirilen hastalıklar görülmüştür. Edirne ilindeki buğday tarlalarında en yaygın hastalık Septoria yaprak lekeli hastalığı olarak bulunmuş olup bu hastalığı kahverengi pas, sarı pas, külleme ve sarı yaprak lekeli hastalıkları takip etmiştir. İncelenen arpa tarlalarında *Pyrenophora teres* f. *teres*, *Rhynchosporium commune*, *Puccinia hordei*, *Pyrenophora teres* f. *maculata*, *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* ve *Cochliobolus sativus* tarafından meydana getirilen hastalıklar görülmüştür. Edirne ilinde incelenen arpa tarlalarında en yaygın hastalık arpa ağbenek leke hastalığının ağ formu olarak bulunmuş olup bu hastalığı Rhynchosporium yaprak lekeli, arpa kahverengi pası, arpa ağbenek leke hastalığının nokta formu, külleme ve Cochliobolus yaprak lekeli hastalıkları takip etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Buğday, Edirne, Yaprak Hastalıkları.

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ³Aziz KARAKAYA (Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara, Türkiye, karakaya@agri.ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3019-9009](https://orcid.org/0000-0003-3019-9009))

¹ Melis SEİDİ ARSLAN (Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, 06172, Yenimahalle, Ankara, Türkiye, melisseidi@hotmail.com, [OrcID 0000-0002-9932-0295](https://orcid.org/0000-0002-9932-0295))

² Arzu ÇELİK OĞUZ ((Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara, Türkiye, acelik@agri.ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0906-6407](https://orcid.org/0000-0002-0906-6407))

Leaf Diseases Occurring on Wheat and Barley Plants in Edirne Province of Türkiye

Abstract: A survey was conducted between 1-5 May 2018 in order to detect leaf diseases in barley and wheat cultivation areas in the Edirne province of Türkiye. In wheat fields, diseases caused by *Septoria tritici*, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* and *Pyrenophora tritici-repentis* were found. *Septoria* leaf blotch disease was found as the most common disease in the wheat fields examined in Edirne province, and this disease was followed by brown rust, yellow rust, powdery mildew, and tan spot diseases. In barley fields, diseases caused by *Pyrenophora teres* f. *teres*, *Rhynchosporium commune*, *Puccinia hordei*, *Pyrenophora teres* f. *maculata*, *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, and *Cochliobolus sativus* were observed. The most common disease in barley fields examined in Edirne province was found to be the net form of net blotch, followed by scald, barley brown rust, spot form of net blotch, powdery mildew, and spot blotch diseases.

Keywords: Barley, Wheat, Edirne, Leaf Diseases.

Giriş

Buğday ve arpa ülkemizde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Buğday, tarla mahsülleri içerisinde üretim miktarı ve ekiliş alanı bakımından ilk sırayı almakta olup buğdayı arpa takip etmektedir. Son 20 yılda buğday ekim sahalarımız 6.8-9.4 milyon hektar arasında, üretimimiz ise 17.2-22.6 milyon ton arasında değişiklik göstermiştir. Son yıllarda arpa ekim alanlarımız 2.4-3.0 milyon hektar ve üretim miktarımız 6.3-8 milyon ton arasında değişmiştir. Arpa daha çok yemlik olarak kullanılmakla birlikte malt sanayiinde ve az oranda da insan beslenmesinde kullanılmaktadır (Geçit, 2016; TMO, 2019). Ülkemizdeki 2019-2020 tahıl üretim döneminde buğday üretimi 19 milyon ton iken arpa üretimi 7 milyon altı yüz bin ton olup toplam tahıl üretiminin %56.88'ini buğday, %22.75'ini ise arpa oluşturmuştur (TÜİK, 2019). Türkiye'de Trakya Bölgesinde yer alan Edirne ilinde 2021 yılında 641.463 ton buğday üretimi ve 29.761 ton arpa üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2022).

Buğday ve arpanın verim ve kalitesine olumsuz yönde tesir eden faktörler arasında fungal kökenli hastalıklar vardır. Yaprak hastalıkları sebebi ile oluşan ürün kayıpları % 9-50 arasında değişmektedir (Mathre, 1982; Roelfs ve ark., 1992; Arslan ve ark., 2002; Medini ve Hamza, 2008). Buğday ve arpada görülen önemli yaprak hastalıkları arasında *Septoria* yaprak lekesi (*S. tritici*), külleme (*E. graminis* f. sp. *tritici*, *E. graminis* f. sp. *hordei*), pas hastalıkları (*P. graminis* f. sp. *tritici*, *P. striiformis*, *P. recondita*, *P. hordei*), yaprak lekesi hastalıkları (*C. sativus*, *P. tritici-repentis*, *R. commune*), yaprak çizgi hastalığı (*D. graminea*), ve arpa ağbenek leke hastalığı (*D. teres*) bulunmaktadır (Zillinsky, 1983; Mathre 1982; Bockus ve ark., 2010; Zaffarano ve ark., 2011).

Bu çalışma ile Edirne ilinde arpa ve buğday bitkilerinde görülen yaprak hastalıkları tespit edilmiş olup bu hastalıklarla ilgili mücadele stratejilerinin geliştirilmesi için referans bilgiler üretilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Edirne il ve ilçelerindeki buğday ve arpa ekiliş alanlarında görülen yaprak hastalıklarını tespit etmek amacıyla 1-5 Mayıs 2018 tarihleri arasında survey yapılmıştır. Edirne ili merkez ilçe ve Süloğlu, Havsa, İpsala, Lalapaşa, Uzunköprü, Enez, Keşan ve Meriç ilçelerinde survey çalışmaları gerçekleştirilmiş ve buğday ve arpa bitkilerinde görülen yaprak hastalıkları tespit edilmiştir. Edirne ilinde 22 adet buğday tarlası ve 23 adet arpa tarlası incelenmiştir. Bu çalışmada sistematik örnekleme yöntemi uygulanmıştır (Aktaş, 2001). Tarla sayısı tespit edildikten sonra yaklaşık 15-20 km'de bir durulmuş ve yolun sağ ve sol kısımlarındaki tarlalardan numuneler alınmıştır. Seçilen tarlanın kenarından zikzaklar çizilerek ya da köşegenleri doğrultusunda tarlanın orta kısmına doğru yürünmüş ve örnekleme yapılmıştır (Tablo 1) (Aktaş, 2001). İncelenen buğday tarlaları 15-100 dekar arasında, arpa tarlaları ise 10-125 dekar arasında değişmiştir.

Tablo 1. Tarlanın büyüklüğü ve numunelerin alındığı yer sayısı (Aktaş, 2001)

Tarla Alanı	Örnekleme
10 dekara kadar	En az 5 değişik yer
11-100 dekar	En az 10 değişik yer
101-500 dekar	En az 15 değişik yer

Örnekleme noktalarının her birinden en az 10 bitki olmak üzere en az 100 bitki sağlam ve hasta olarak not edilmiştir. Hastalıkların bulaşıklık oranı, numunelerin hasta ve sağlam olarak sayılarak hastalıklı bitkilerin sayısının toplam bitkilerin sayısına oranlanmasıyla tespit edilmiştir. Hastalık şiddetlerinin tespit edilmesinde 0-9 ıskası kullanılmıştır (Saari ve Prescott, 1975). Survey çalışmaları buğday bitkisinin başaklanma öncesi döneminde (Zadoks ıskası 45-50) ve arpa bitkisinin başaklanma döneminde (Zadoks ıskası 45-55) gerçekleştirilmiştir (Zadoks ve ark. 1974).

Alınan örnekler zarflara veya kâğıt torbalara konulmuş ve üzerleri etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Alınan örneklerin teşhisinde Zillinsky (1983), Mathre (1982), Bockus ve ark. (2010) ve Zaffarano ve ark. (2011) kaynaklarından faydalanılmıştır.

Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonundan alınan 2017-2018 yılına ait bazı iklim verileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Edirne Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonundan alınan 2017-2018 yılına ait bazı iklim verileri

Aylar	Yağış (mm)	Yağışlı gün sayısı	Nem (%)	Sıcaklık °C		
				Min.	Max.	Ortalama
Eylül 2017	34,2	7	57,8	6,8	35,9	21,3
Ekim 2017	135,2	13	77,1	3,8	27,8	13,6
Kasım 2017	71,6	18	75,7	-2,1	27,4	9,5
Aralık 2017	119,6	17	85,1	-4,2	20,8	7,4
Ocak 2018	55,6	19	88,1	-5,2	15,1	4,3
Şubat 2018	101,8	13	89,5	-5,4	16,1	5,7
Mart 2018	145,6	22	88,8	-11,0	20,2	8,9
Nisan 2018	3,0	1	61,3	2,6	31,7	16,6
Mayıs 2018	18,8	8	64,0	9,2	31,1	20,3
Haziran 2018	148,4	15	66,4	11,7	34,8	22,6

Bulgular ve Tartışma

2018 yılı Mayıs ayında Edirne ili merkez ilçe ve Süloğlu, Havsa, İpsala, Lalapaşa, Uzunköprü, Enez, Keşan ve Meriç ilçelerinde sürvey çalışmaları gerçekleştirilmiş ve buğday ve arpa bitkilerinde görülen hastalıklar tespit edilmiştir (Tablolar 3 ve 4). Edirne ilinde 22 adet buğday tarlası ve 23 adet arpa tarlası incelenmiştir. İncelenen buğday tarlalarında Septoria yaprak lekesi (*S. tritici*), kahverengi pas (*P. recondita* f. sp. *tritici*), sarı pas (*P. striiformis* f. sp. *tritici*), ve sarı yaprak lekesi (*Pyrenophora tritici-repentis*) hastalıklarına rastlanmıştır. Bu hastalıklar içinde en yaygın Septoria yaprak lekesi olarak bulunmuş olup bu hastalığı kahverengi pas hastalığı takip etmiştir. *Septoria tritici* tarafından meydana getirilen Septoria yaprak lekesi hastalığı incelenen 22 buğday tarlasının 17'sinde görülmüş olup yüzdesi 1-20 arasında, şiddeti ise 3-7 arasında değişmiştir. Kahverengi pas hastalığı 7 buğday tarlasında görülmüş olup yüzdesi 1-20 arasında, şiddeti ise 3-5 arasında değişmiştir. Sarı pas hastalığı 3 buğday tarlasında görülmüş olup yüzdesi 1-40 arasında, şiddeti ise 3-5 arasında değişmiştir. Külleme hastalığı 3 tarlada görülmüş olup yüzdesi 1-13 arasında değişmiştir. Bu tarlalarda hastalığın şiddeti 3-5 arasında değişmiştir. Sarı yaprak lekesi hastalığı 2 buğday tarlasında görülmüş olup yüzdesi 1-2 arasında değişmiştir. Bu tarlalarda hastalığın şiddeti ise 3-5 olarak kaydedilmiştir. Edirne ili İpsala ve Havsa ilçelerinde incelenen 2 tarlada ise hastalık bulunmamıştır (Tablo 3).

Edirne ilinde incelenen buğday tarlalarında en yaygın hastalık Septoria yaprak lekesi hastalığı olarak bulunmuş olup bu hastalığı kahverengi pas, sarı pas, külleme ve sarı yaprak lekesi hastalıkları takip etmiştir.

Tablo 3. 2018 yılında Edirne ilinde buğday alanlarında tespit edilen hastalıklar

No	Lokasyon	Bitki	Alan (da)	Hastalık	%	Şiddeti
1	Uzunköprü	Buğday	15	Septoria yaprak lekesi	15	5
2	İpsala	Buğday	25	Hastalık yok		
3	Keşan	Buğday	60	Septoria yaprak lekesi	20	7
				Sarı Pas	2	5
				Kahverengi pas	3	5
				Külleme	5	3
4	Keşan	Buğday	55	Septoria yaprak lekesi	20	7
5	Keşan	Buğday	15	Septoria yaprak lekesi	10	5
6	Enez	Buğday	100	Kahverengi pas	20	5
				Külleme	13	5
7	Enez	Buğday	40	Septoria yaprak lekesi	12	5
				Sarı pas	40	5
8	İpsala	Buğday	15	Septoria yaprak lekesi	2	5
9	İpsala	Buğday	75	Septoria yaprak lekesi	3	5
				Kahverengi Pas	3	5
10	İpsala	Buğday	37	Septoria yaprak lekesi	2	3
				Kahverengi Pas	3	5
11	İpsala	Buğday	45	Septoria yaprak lekesi	5	5
				Kahverengi Pas	5	5
12	Meriç	Buğday	25	Septoria yaprak lekesi	5	5
13	Meriç	Buğday	65	Septoria yaprak lekesi	2	3
14	Uzunköprü	Buğday	50	Septoria yaprak lekesi	3	5
				Külleme	1	3
15	Merkez İlçe	Buğday	100	Sarı pas	1	3
				Septoria yaprak lekesi	1	5
16	Merkez ilçe	Buğday	40	Kahverengi pas	1	3
17	Lalapaşa	Buğday	15	Septoria yaprak lekesi	2	3
18	Süloğlu	Buğday	50	Kahverengi pas	11	3
				Septoria yaprak lekesi	2	3
19	Süloğlu	Buğday	50	Septoria yaprak lekesi	1	3
20	Süloğlu	Buğday	20	Sarı yaprak lekesi	2	5
21	Havsa	Buğday	20	Hastalık yok		
22	Havsa	Buğday	20	Septoria yaprak lekesi	3	3
				Sarı yaprak lekesi	1	3

İncelenen arpa tarlalarında *Rhynchosporium* yaprak lekesi (*Rhynchosporium commune*, formerly *Rhynchosporium secalis*), ağbenek leke hastalığının ağ ve nokta formları (*Pyenophora teres* f. *teres* ve *P. teres* f. *maculata*), arpa kahverengi pası (*P. hordei*), külleme (*B. graminis* f. sp. *hordei*) ve *Cochliobolus* yaprak lekesi (*Cochliobolus sativus*) hastalıkları görülmüştür. Bu hastalıklar içinde en yaygını arpa ağbenek leke hastalığının ağ formu olarak bulunmuş olup bu hastalığı *Rhynchosporium* yaprak lekesi takip etmiştir. Arpa ağbenek leke hastalığının ağ formu incelenen 23 adet tarlanın 18'inde bulunmuş olup yüzdesi 3-100 arasında, şiddeti ise 5-9 arasında değişmiştir. Uzunköprü ilçesinde incelenen bir tarlada hastalık yüzdesi 100 olarak bulunmuş olup bu tarlada hastalık şiddeti 9 olarak kaydedilmiştir. *Rhynchosporium* yaprak lekesi incelenen 23 adet tarlanın 14'ünde bulunmuş olup yüzdesi 1-100 arasında, şiddeti ise 3-9 arasında değişmiştir. *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığının yüzdesi Lalapaşa ilçesinde incelenen bir tarlada 100, Havsa ilçesinde incelenen bir tarlada ise

95 olarak bulunmuştur. Bu tarlalarda hastalık şiddeti 9 olarak bulunmuştur (Tablo 4). Hem buğday bitkilerinde hem de arpa bitkilerinde yetiştirme mevsiminde görülen yüksek yağış ve sıcaklıkların hastalıkların gelişiminde etkili oldukları düşünülmektedir (Tablo 2).

Arpa kahverengi pası hastalığı 9 tarlada bulunmuş olup yüzdesi 1-90 arasında, şiddeti ise 3-9 arasında değişmiştir. Etmeni *Puccinia hordei* olan bu hastalık Keşan ilçesinde 3 tarlada %80 ve %90 oranlarında, Enez ilçesinde bir tarlada ise %80 oranında bulunmuş olup bu tarlalarda hastalık şiddeti 9 olarak kaydedilmiştir. Arpa ağbenek leke hastalığının nokta formu 8 tarlada bulunmuş olup yüzdesi 1-10 arasında değişmiştir. Bu tarlalarda hastalığın şiddeti 3-5 arasında değişiklik göstermiştir. Külleme hastalığı 4 tarlada görülmüş olup yüzdesi 5-10 arasında değişmiştir. Bu tarlalarda hastalığın şiddeti 3-5 arasında değişmiştir (Tablo 4). Edirne ilinde incelenen arpa tarlalarında en yaygın hastalık arpa ağbenek leke hastalığının ağ formu olarak bulunmuş olup bu hastalığı *Rhynchosporium yaprak lekesi*, kahverengi pas, arpa ağbenek leke hastalığının nokta formu, külleme ve *Cochliobolus yaprak lekesi* hastalıkları takip etmiştir.

İren (1981), Türkiye’de buğday bitkilerinde aralarında *Septoria tritici* tarafından oluşturulan yaprak yanıklığı hastalığı, *Puccinia striiformis*, *P. recondita* f. sp. *tritici*, ve *P. graminis* f. sp. *tritici* tarafından meydana getirilen pas hastalıkları bulunan bazı hastalıkların önemli olduğunu, *E. graminis* f. sp. *tritici* tarafından oluşturulan külleme ve buğday mozaik virüsü gibi hastalıklara da Türkiye’de rastlandığını belirtmiştir.

Finci (1981), Marmara bölgesinde buğdaylarda *Septoria tritici* fungusunu rapor etmiştir. *Septoria* yaprak lekesi İç Anadolu Bölgesinden ve Doğu Akdeniz Bölgesinden de rapor edilmiştir (Turgay ve ark., 2016; Ünal ve ark., 2017).

Mamluk ve ark. (1997), Orta Anadolu platosunda yetiştirilen arpa ve buğdaylarda görülen hastalıkları tespit etmişlerdir. Buğdaylarda *Cochliobolus sativus*, *Microdochium nivale*, *Fusarium* spp., *Wojnovicia graminis*, *Alternaria* sp., *Cladoporium* sp., *Puccinia graminis*, *Puccinia striiformis*, *Erysiphe graminis*, *Puccinia recondita*, *Mycosphaerella graminicola*, *Leptosphaeria nodorum*, *Gibberella zeae*, *Pyrenophora tritici-repentis*, *Sclerophthora macrospora*, *Ustilago tritici*, *Urocystis agropyri* ve *Tilletia* spp. tarafından meydan getirilen hastalıklar bulunmuştur. İncelenen arpa bitkilerinde ise *Pyrenophora graminea*, *Cochliobolus sativus*, *Microdochium nivale*, *Fusarium* spp., *Gaumannomyces graminis*, *Rhynchosporium secalis*, *Pyrenophora teres*, *Erysiphe graminis*, *Puccinia hordei* ve *Puccinia graminis* tarafından meydana getirilen hastalıklar bulunmuştur.

Yıldırım ve ark. (1999) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Aksaray, Niğde, Karaman ve Konya illerinde önemli tahıl hastalıklarının durumu araştırılmıştır. İncelenen alanlarda rastık, sürme, kök ve kök boğazı hastalıkları, arpa çizgili yaprak lekesi, kahverengi pas, sarı pas, kara pas, külleme, kök ve kök boğazı hastalıkları ve *Helminthosporium (Drechslera)* spp., *Rhynchosporium secalis*, *Septoria* sp. etmenleri tespit edilmiştir.

Akan ve ark. (2006) buğdayda; sarı pas, sürme ve rastık, arpada ise arpa yaprak lekesi ve arpa çizgili yaprak lekesi hastalıklarının Orta Anadolu şartlarında öne çıktığını bildirmişlerdir.

Karakaya ve ark. (2014), *Rhynchosporium yaprak lekesi* ve arpa ağbenek leke hastalıklarının Türkiye’de yaygın olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 4. 2018 yılında Edirne ilinde arpa alanlarında tespit edilen hastalıklar

No	Lokasyon	Bitki	Alan (da)	Hastalık	%	Şiddeti
1	İpsala	Arpa	20	Kahverengi pas	40	5
				Rhynchosporium yaprak lekesi	5	5
2	Keşan	Arpa	45	Kahverengi pas	80	9
				Ağbenek ağ formu	5	5
				Cochliobolus yaprak lekesi	15	3
				Külleme	5	3
3	Keşan	Arpa	70	Ağbenek ağ formu	20	5
				Rhynchosporium yaprak lekesi	3	5
				Kahverengi Pas	80	9
4	Keşan	Arpa	100	Ağbenek ağ formu	40	7
				Kahverengi pas	90	9
				Rhynchosporium yaprak lekesi	5	5
5	Enez	Arpa	30	Kahverengi pas	80	9
				Ağbenek ağ formu	20	9
				Külleme	5	3
6	İpsala	Arpa	30	Rhynchosporium yaprak lekesi	8	5
				Ağbenek nokta formu	1	3
7	Uzunköprü	Arpa	45	Ağbenek ağ formu	100	9
				Külleme	10	5
8	Uzunköprü	Arpa	50	Rhynchosporium yaprak lekesi	3	3
				Kahverengi pas	1	3
				Cochliobolus yaprak lekesi	2	3
9	Merkez İlçe	Arpa	35	Rhynchosporium yaprak lekesi	1	3
				Ağbenek ağ formu	3	5
				Ağbenek nokta formu	3	5
				Cochliobolus yaprak lekesi	3	5
10	Lalapaşa	Arpa	125	Rhynchosporium yaprak lekesi	100	9
				Ağbenek ağ formu	3	5
				Ağbenek nokta formu	2	5
11	Merkez İlçe	Arpa	90	Ağbenek ağ formu	70	7
12	Merkez İlçe	Arpa	20	Ağbenek ağ formu	20	7
				Ağbenek nokta formu	5	5
				Rhynchosporium yaprak lekesi	45	5
13	Lalapaşa	Arpa	40	Ağbenek ağ formu	80	9
				Ağbenek nokta formu	10	5
14	Lalapaşa	Arpa	10	Ağbenek ağ formu	5	7
				Kahverengi pas	3	3
15	Lalapaşa	Arpa	25	Ağbenek ağ formu	7	7
16	Süloğlu	Arpa	40	Rhynchosporium yaprak lekesi	7	5
				Ağbenek ağ formu	3	5
				Ağbenek nokta formu	2	5
				Kahverengi pas	1	3
17	Süloğlu	Arpa	50	Ağbenek ağ formu	8	7
				Rhynchosporium yaprak lekesi	8	7
18	Süloğlu	Arpa	45	Ağbenek ağ formu	8	5
				Ağbenek nokta formu	2	5
				Rhynchosporium yaprak lekesi	2	7
19	Süloğlu	Arpa	25	Ağbenek ağ formu	3	5
				Ağbenek nokta formu	3	5
				Rhynchosporium yaprak lekesi	3	5
20	Havsa	Arpa	30	Rhynchosporium yaprak lekesi	95	9
				Külleme	5	3
21	Havsa	Arpa	10	Ağbenek ağ formu	20	7
				Kahverengi pas	5	5
22	Havsa	Arpa	25	Rhynchosporium yaprak lekesi	10	7
23	Havsa	Arpa	30	Ağbenek ağ formu	80	7

Arpa çizgili yaprak lekesi hastalığının bazı illerdeki tarlalarda %70'e varan yaygınlıkta olduğu rapor edilmiştir (Karakaya ve ark., 2016).

Damgacı (2014), Türkiye'de 2008-2013 yıllarında incelediği tarlaların %51.2 sinin ağbenek (*P. teres*) hastalığı ile bulaşık olduğunu rapor etmiştir. Hastalığın yaygınlığı en fazla Trakya bölgesinde görülmüş olup (%80.2) bu bölgeyi Ege bölgesi (%51.2), Karadeniz bölgesi (%44.4), Akdeniz bölgesi (%41.4), Orta Anadolu bölgesi (%14.3) ve Güney Marmara bölgesi (%12.9) takip etmiştir. Güney Doğu Anadolu bölgesinde survey gerçekleştirilen tarlalarda ağbenek hastalığına rastlanmamıştır. Tarlaların büyük çoğunluğunda ağ tipi-ağbenek formunun olduğu görülmüştür.

Çelik ve Karakaya (2015), Eskişehir ilindeki arpa tarlalarındaki fungal başak ve yaprak hastalıklarını tespit etmişlerdir. Eskişehir ilinde survey yapılan 13 ilçede yaprak hastalıklarından kahverengi pas, ağ benek, külleme, *Rhynchosporium* yaprak lekesi, çizgili yaprak lekesi, sapta kara pas görülmüş olup başakta ise rastık tespit edilmiştir. Bu çalışmada arpa ağbenek leke hastalığı ve arpa yaprak lekesi hastalığı en yaygın hastalıklar olarak bulunmuştur.

Özdemir ve ark. (2017) tarafından Kırıkkale ilinde gerçekleştirilen bir çalışmada arpa ve buğdaylarda görülen yaprak hastalıkları tespit edilmiştir. Arpa tarlalarında arpa ağbenek leke hastalığının 2 biyotipi, külleme, arpa çizgili yaprak lekesi, arpa yaprak lekesi, kara pas, arpa kahverengi pası ve sarı pas hastalıkları görülmüştür. Belirlenen bu hastalıklardan etmenlerinden ağbenek leke hastalığının nokta formu ve arpa yaprak lekesi en yaygın olarak bulunmuş olup bu hastalıkları ağbenek leke hastalığının ağ formu, külleme, arpa kahverengi pası, arpa çizgili yaprak lekesi ve kara pas takip etmiştir. Buğday tarlalarında ise sarı pas, külleme, kara pas, kahverengi pas, sarı yaprak lekesi, *Septoria* ve *Alternaria* yaprak yanıklıkları görülmüştür. Tespit edilen bu hastalık etmenlerinden sarı ve kara pas hastalıkları en yaygın hastalıklar olarak bulunmuş olup bu hastalıkları *Septoria* yaprak lekesi, kahverengi pas, sarı yaprak lekesi ve *Alternaria* yaprak lekesi takip etmiştir.

İlgen ve ark. (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Ankara'nın Çubuk ilçesindeki arpa ve buğdaylarda yaprak hastalıkları tespit edilmiştir. Arpa alanlarında ağbenek leke hastalığının 2 formu, arpa yaprak lekesi, arpa çizgili yaprak lekesi, sarı pas, kara pas, külleme ve arpa kahverengi yaprak lekesi, , buğday tarlalarında ise sarı pas, kara pas, kahverengi pas, *Septoria* yaprak lekesi, sarı yaprak lekesi hastalıkları bulunmuştur.

Ertürk ve ark. (2018), Ankara'nın Bala ilçesinde yetişen arpalarda görülen hastalıkları tespit etmişlerdir. Bala ilçesi arpa ekim alanlarında ağbenek leke hastalığının 2 formu, arpa yaprak lekesi, arpa çizgili yaprak lekesi ve külleme hastalıkları bulunmuştur. Ağbenek leke hastalığının ağ ve nokta formları en yaygın hastalık etmenleri olarak göze çarpmıştır. Bu hastalıkları arpa yaprak lekesi, arpa çizgili yaprak lekesi ve külleme takip etmiştir.

Aydoğdu ve Kurbetli (2018) Batı Akdeniz bölgesinde incelenen buğday alanlarının hepsinde *Septoria* yaprak yanıklığının bulunduğunu ve bu hastalığı kara pas, sarı pas ve kahverengi pas hastalıklarının takip ettiğini bildirmişlerdir.

Saraç ve ark. (2019), Elazığ ve ilçelerinde arpalardaki yaprak hastalıklarını tespit etmişlerdir. Arpa bitkilerinde ağbenek leke hastalığının 2 formu, külleme, arpa yaprak lekesi, arpa çizgili yaprak lekesi ve arpa

kahverengi pası hastalıkları tespit edilmiştir. Ağbenek leke hastalığının nokta ve ağ formları en fazla tarlada görülen hastalıklar olurken bunları arpa yaprak lekesi takip etmiştir.

Eğilmez ve Boyraz (2019), Aksaray ilinde buğday ve arpa üretim alanlarındaki fungal hastalıkları tespit etmişlerdir. İncelenen buğday tarlalarında *P. graminis* f. sp. *tritici*, *Alternaria* sp., *S. tritici*, *P. striiformis* ve kök ve kök boğazı çürüklüğüne sebep olan fungal organizmalar (*Rhizoctonia* sp., *Fusarium* spp., *Bipolaris* sp., *Alternaria* sp., *Arthrium* sp., *Cladosporium herbarum*, *Curvularia* sp., *Chaetomium* sp.) görülmüştür. Arpa tarlalarında ise *D. graminea*, *R. secalis*, *P. graminis* f. sp. *hordei*, *P. striiformis* ve kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenleri *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* spp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* spp., *Arthrium* sp., *C. herbarum*, *Curvularia* sp. ve *Chaetomium* sp. tespit edilmiştir.

Saraç Sivrikaya ve ark. (2020), Bingöl ve ilçelerinde arpa ekim alanlarında görülen hastalıkları tespit etmişlerdir. İncelenen tarlalarda *D. teres* f. *teres*, *D. teres* f. *maculata*, *R. commune*, *D. graminea* ve *E. graminis* f. sp. *hordei*, *Ustilago hordei* etmenleri tespit edilmiştir.

Saraç Sivrikaya ve ark. (2021), Batman ili ve çevre ilçelerde görülen arpa ve yabancı arpada (*Hordeum spontaneum*) görülen yaprak hastalıklarını tespit etmişlerdir. İncelenen arpa tarlalarında arpa yaprak lekesi en yaygın hastalık olarak görülmüş olup bu hastalığı sırası ile arpa ağbenek leke hastağının nokta formu, arpa çizgili yaprak lekesi, ağbenek leke hastağının nokta formu, *Cochliobolus* yaprak lekesi, külleme ve arpa kahverengi pası hastalıkları takip etmiştir. *Hordeum spontaneum* popülasyonlarında ise en yaygın hastalık arpa yaprak lekesi olurken bu hastalığı arpa ağ benek leke hastalığının nokta formu, arpa ağ benek leke hastalığının ağ formu, külleme hastalığı ve kahverengi pas hastalıkları takip etmiştir.

Saraç Sivrikaya ve ark. (2022) Şanlıurfa ilinde arpa ve yabancı arpalarda görülen hastalıkları tespit etmişlerdir. İncelenen 77 arpa tarlasında ve 31 *Hordeum spontaneum* popülasyonunda arpa ağbenek leke hastalığının nokta ve ağ formları, arpa yaprak lekesi ve arpa çizgili yaprak lekesi hastalıkları görülmüştür. İncelenen 2 *Hordeum bulbosum* popülasyonunda arpa ağbenek leke hastalığının ağ formu bulunmuştur. Arpa tarlalarında görülen en yaygın hastalık ağbenek leke hastalığının ağ formu olmuştur. Bu hastalığı, ağbenek leke hastalığının nokta formu, arpa yaprak lekesi ve arpa çizgili yaprak lekesi hastalıkları takip etmiştir. *Hordeum spontaneum* popülasyonlarında görülen en yaygın hastalık arpa ağbenek leke hastalığının ağ formu olarak bulunmuş olup bu hastalığı arpa yaprak lekesi, ağbenek leke hastalığının nokta formu ve arpa çizgili yaprak lekesi hastalıkları takip etmiştir. İki arpa tarlasında ve 1 *Hordeum spontaneum* popülasyonunda hastalık görülemediği tespit edilmiştir.

Edirne ilinde sertifikalı tohum kullanımı yaygın olarak görülmekte ve üreticiler ekmeklik buğdayda daha çok Gelibolu, Yüksel, Saban, Glosa, Dropia ve Esperia gibi çeşitleri, arpada ise Sladoran, Bolayır ve Harman gibi çeşitleri tercih etmektedirler (İrfan Öztürk, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, kişisel görüşme). Daha önce yapılan çalışmalarda Sladoran çeşidi *P. teres* f. *teres* izolatlarına karşı fide döneminde orta derecede dayanıklı ile orta derecede dayanıklı-orta derecede hassas reaksiyonlar vermiştir (Yazıcı ve ark., 2015). Bu çalışmada Harman çeşidi aynı patojen izolatlarına dayanıklı-orta derecede dayanıklı ile orta derecede dayanıklı reaksiyonlar verirken Bolayır çeşidi izolatlarına orta derecede dayanıklı reaksiyonlar vermiştir. *P. teres* f. *maculata* ile yapılan bir çalışmada Bolayır çeşidi fide döneminde izolatlarına orta derecede dayanıklı reaksiyonlar verirken Harman çeşidi dayanıklı ile orta derecede dayanıklı arasında değişen reaksiyonlar vermiştir (Usta ve ark., 2014). Yapılan

diğer bir çalışmada ise Sladoran çeşidi kullanılan *P. teres* f. *maculata* izolatına fide döneminde orta derecede dayanıklı reaksiyon vermiştir (Taşkoparan ve Karakaya 2009). Bu çeşitlerin Edirne ilinde kullanılmasının hastalık çıkışı ve şiddetini etkileyebileceği düşünülmektedir.

Rhynchosporium secalis ile yapılan bir çalışmada Sladoran çeşidi kullanılan 5 izolata ve bunların karışımına fide döneminde hassas tepki vermiştir (Mert ve Karakaya 2004). 2003-2005 yetiştirme mevsiminde gerçekleştirilen çalışmalarda Sladoran çeşidi *R. secalis* etmenine yıllara göre sera şartlarında hassas ile dayanıklı arasında reaksiyonlar gösterirken tarla şartlarında orta derecede dayanıklı ile orta derecede hassas reaksiyonlar vermiştir (Düşünceli ve ark., 2008). Hekimhan ve ark. (2021) tarla şartlarında suni inokulasyon ile gerçekleştirdikleri çalışmada Harman ve Bolayır çeşitlerini hassas olarak bulmuşlardır. Ertaş Öz ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada fide döneminde *R. commune* patojenine karşı Bolayır çeşidini hassas olarak bulurken Sladoran çeşidini orta derecede dayanıklı olarak bulmuşlardır.

Kolmer ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada Gelibolu buğday çeşidi kahverengi pas etmenine fide döneminde 0; ile 3+ arasında değişen reaksiyonlar sergilemiştir. Tarla şartlarında Gelibolu çeşidi Samsun, İzmir and Sakarya illerinde hastalık şiddeti bakımından farklılıklar göstermiştir

Türkiye’de pek çok ilde görülen arpa çizgili yaprak lekesi hastalığına (Karakaya ve ark., 2016; Yüceler ve ark., 2022) Edirne’de rastlanamamasının sebebinin sertifikalı ve temiz tohum kullanımının yaygın olmasının olduğu düşünülmektedir.

Özellikle bitki gelişme dönemindeki yağışlar ve atmosferdeki nem oranı hastalıkların artışında etkili olabilir. Bizim çalışmamızda arpa kahverengi pası Ege denizine yakın ilçelerde daha yoğun olarak görülmüştür.

Bazı tarlalarda belli hastalıkların daha çok görülmesi ekilen çeşidin hassasiyet durumu, çevre şartlarının uygunluğu veya hastalık etmenlerinin virülenslikleri ile ilgili olabilir. Gelecekteki çalışmalarda yaygın olarak bulunan patojenlerin Edirne ilindeki patotiplerinin tespit edilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Sonuç

Bu çalışma ile Edirne ilinde yetiştirilen buğday ve arpa bitkilerinde görülen yaprak hastalıkları tespit edilmiştir. Edirne ilinde yetiştirilen buğday bitkilerinde Septoria yaprak lekesi, kahverengi pas, sarı pas, kara pas, sarı yaprak lekesi ve külleme hastalıklarına rastlanmıştır. Edirne ilinde yetiştirilen arpa bitkilerinde ise Rhynchosporium yaprak lekesi, arpa ağ benek leke hastalığının nokta ve ağ formları, külleme, arpa kahverengi pası ve *Cochliobolus* yaprak lekesi hastalıklarının bulunduğu görülmüştür. Bu hastalıklar, değişen oranlarda, Türkiye’de daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir. Bu hastalıklarla mücadele edilmesi ve dayanıklılık stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

A. K. çalışmayı tasarlamıştır. A. Ç. O. ve M. S. A. süreyi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Teşhis çalışmaları A. Ç. O., A. K. ve M. S. A. tarafından gerçekleştirilmiştir. Metin, A. K., A. Ç. O. ve M. S. A. tarafından yazılmıştır.

Kaynakça

- Akan K., Çetin L., Albostan S., Düşünceli F. ve Mert Z. 2006. İç Anadolu’da görülen önemli tahıl ve nohut hastalıkları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15 (1- 2): 29-48.
- Aktaş, H. 2001. Önemli hububat hastalıkları ve süreyi yöntemleri. TAGEM, Ankara, 11-55.
- Anonim. 2022. Edirne Tarımsal Yatırım Rehberi 2022. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Yatırımcı Danışma Ofisi. 51s. [Online]. https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/edirne.pdf. (Erişim Tarihi: 17.12.2022).
- Arslan, Ü., Yağdı, K. ve Aydoğan, E. 2002. Bursa ili ekolojik koşullarında buğday kahverengi pası (*Puccinia recondita* Roberge ex Desmaz. f. sp. *tritici*)’na karşı bazı ekmeklik buğdayların reaksiyonları ve verim kayıplarının belirlenmesi. *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 16: 201-210.
- Aydoğdu M., ve Kurbetli, İ. 2018. Batı Akdeniz Bölgesinde buğdayda fungal yaprak hastalıklarının yaygınlığı ve konukçu tepkilerinin belirlenmesi. Türkiye VII. Bitki Koruma Kongresi (Uluslararası Katılımlı), 14-17 Kasım 2018, Muğla, Türkiye.
- Bockus, W.W., Bowden, R.L., Hunger, R.M., Morrill, W.L., Murray, T.D. ve Smiley, R.W. 2010. Compendium of wheat diseases and pests. 3rd edition. *APS Press. The American Phytopathological Society*, Minnesota. 171s.
- Çelik, E. ve Karakaya, A. 2015. Eskişehir ili arpa ekim alanlarında görülen fungal yaprak ve başak hastalıklarının görülme sıklıklarının ve yoğunluklarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 55 (2): 157-170.
- Damgacı, E. 2014. Arpa ağbenek (*Pyrenophora teres* Drechs.) hastalığının yayılış durumu, neden olduğu verim kaybı ve verim bileşenlerine etkisi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(4): 311-341.
- Düşünceli, F., L. Çetin, S. Albustan, Z. Mert, K. Akan ve A. Karakaya. 2008. Determination of the reactions of some barley cultivars and genotypes to scald under greenhouse and field conditions. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (1): 46-50.

- Eğilmez, D. ve Boyraz, N. 2019. Aksaray ili buğday ve arpa ekim alanlarındaki fungal hastalıkların son yıllardaki görünümü üzerine bir araştırma. *Journal of Bahri Dadas Crop Research*, 8 (2): 322-335.
- Ertaş Öz, M., Turgay, E.B., Bülbül, S., Ergün, N. 2023. Screening of some registered Turkish barley cultivars reactions against *Rhynchosporium commune*. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38(2): 421 – 430.
- Ertürk, H., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2018. Leaf diseases occurring on barley plants in Bala district of Ankara province, Turkey. *Ecological Life Sciences*, 13(4): 204-207.
- Finci, S. 1981. Marmara bölgesinde buğday ekim alanlarında görülen Septoria fungusunun türleri, yayılışları ve çeşit reaksiyonları üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 22 (2) :72-88.
- Geçit, H. H. 2016. Tarla Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı. Yayın No: 1640, 591s.
- Hekimhan, H., Büyük, O., Ünal, F., Araz, A., Yorgancılar, A., Özkeskin, M.E., Torun, A., Yüksel, S., Çelik, E., ve Kaymak, S., 2021.. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(1), 47-60.
- İlgen, M.Z., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2017. Leaf diseases occurring on barley and wheat fields in Çubuk district of Ankara, Turkey. *Works of the Faculty of Agriculture and Food Sciences University of Sarajevo*, Vol. XLII (67/2): 210-215.
- İren S. 1981. Wheat diseases in Turkey. *EPPO Bulletin*, 11 (2): 47-52.
- Karakaya, A., Mert, Z., Çelik Oğuz, A., Azamparsa, M.R., Çelik, E., Akan, K. ve Çetin, L. 2014. Current status of scald and net blotch diseases of barley in Turkey. *IWBLD – 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases*, 03-06 June, Salsomaggiore Terme.
- Karakaya, A., Mert, Z., Çelik Oğuz, A. ve Çetin, L. 2016. Distribution of barley stripe disease in Central Anatolia, Turkey. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 30(2): 59-61.
- Kolmer, J. A., Mert, Z., Akan, K., Demir, L., Ünsal, R., Şermet, C., Keser, M., Akin, B. ve Morgounov, A. 2013. Virulence of *Puccinia triticina* in Turkey and leaf rust resistance in Turkish wheat cultivars. *Eur. J. Plant Pathol.*, 135:703–716.
- Mamluk, O. F., Çetin, L., Braun, H.J., Bolat, N., Bertschinger, L., Makkouk, K.M. ve Düşünceli, F. 1997. Current status of wheat and barley diseases in the Central Anatolia Plateau of Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 36: 167-181.
- Mathre, D.E. 1982. Compendium of barley diseases. *APS Press*, Minnesota. USA.
- Medini, M. ve Hamza, S. 2008. Pathotype and molecular characterization of *Mycosphaerella graminicola* isolates collected from Tunisia, Algeria, and Canada. *Journal of Plant Pathology*, 90 (1): 65-73.
- Mert, Z. ve A. Karakaya. 2004. Assessment of the seedling reactions of Turkish barley cultivars to scald. *Journal of Phytopathology*, 152 (3): 190-192.
- Özdemir, H.Y., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2017. Kırıkkale ilinde buğday ve arpa ekim alanlarında görülen fungal yaprak hastalıklarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 57 (2): 89 – 112.

- Roelfs, A.P., Singh, R.P. ve Saari, E.E. 1992. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico, 80s.
- Saari, E.E. ve Prescott J.M. 1975. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*, 59: 377-380.
- Saraç, I., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2019. Elazığ ilinde arpalarda görülen yaprak hastalıkları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28 (1): 1-6.
- Saraç Sivrikaya, I., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2020. Determination of the barley diseases in Bingöl province of Turkey. In: Brka M., Omanović-Miklićanin E., Karić L., Falan V., Toroman A. (eds) 30th Scientific-Experts Conference of Agriculture and Food Industry. AgriConf 2019. *IFMBE Proceedings*, vol 78. Springer, Cham.
- Saraç Sivrikaya, I., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2021. The occurrence of barley (*Hordeum vulgare*) and wild barley (*H. spontaneum*) leaf diseases in Batman province and surrounding areas of Turkey. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 35 (1): 39-44.
- Saraç Sivrikaya, I., Çelik Oğuz, A ve Karakaya, A 2022. Barley and wild barley diseases from the Fertile Crescent. Seventh International Scientific Conference ‘‘June 5th – World Environment Day’’ . 09-10 June 2022, Bihać, Bosnia and Herzegovina.
- Taşkoparan, H. ve A. Karakaya. 2009. Assessment of the seedling reactions of some barley cultivars to *Drechslera teres* f. *maculata*. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 23 (50):60-62.
- TMO. 2019. 2019 Yılı Hububat Sektör Raporu. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü. 43s.
- Turgay, E. B., Büyük, O., Ölmez, F. ve Yıldırım, A. F. 2016. Determination of prevalence of the Septoria leaf blotch *Zymoseptoria tritici* (Desm. Quaedvlieg & Crous) in Central Anatolia and its molecular identification. *Bitki Koruma Bülteni*, 56 (3) : 283-293.
- TÜİK. 2019. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 21.7.2021).
- Usta, P., A. Karakaya, A. Ç. Oğuz, Z. Mert, K. Akan, L. ve Çetin. 2014. Determination of the seedling reactions of twenty barley cultivars to six isolates of *Drechslera teres* f. *maculata*. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 29 (1): 20-25.
- Ünal, G., Kayım, M., Ay, T. ve Yones, A. M. 2017. Evaluation of disease intensity and molecular identification of *Zymoseptoria tritici* causing Septoria leaf blotch on wheat in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41: 405-413.
- Yazıcı, B., Karakaya, A., Çelik Oğuz, A. ve Mert, Z. 2015. Determination of the seedling reactions of some barley cultivars to *Drechslera teres* f. *teres*. *Bitki Koruma Bülteni* 55(3): 239-245.
- Yıldırım, A.F., Kinacı, E., Hekimhan, H. ve Çeri, S. 1999. Konya, Karaman, Niğde ve Aksaray yörelerinde tahıllarda önemli hastalıkların durumu ve bunlara dayanıklılık kaynaklarının araştırılması. Orta Anadolu’da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 404-413. 8-11 Haziran, Konya.

- Yüceler, H. S., Karakaya, A., ve Çelik Oğuz, A. 2022. Barley stripe disease in Turkey – current situation. *Bioengineering Studies*, 3(1): 1–6.
- Zadoks J.C., Chang, T. T., ve Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415–421.
- Zaffarano, P.L. McDonald, B.A. and Linde, C.C. 2011. Two new species of *Rhynchosporium*. *Mycologia*, 103 (1): 195-202.
- Zillinsky, F.J. 1983. Common diseases of small grains. A guide to identification. CIMMYT, Mexico.



Farklı Domates Çeşitlerinde Zararlılara Karşı Savunma Yapıları Olan Trikom Yoğunluğunun ve Acylsugar Konsantrasyonunun Belirlenmesi^A

Narin GÖK¹, Simge ERTAŞ ÖZKAN^{2*}, Nabi Alper KUMRAL³, Nuray AKBUDAK², Sultan ÇOBANOĞLU⁴, Nimet Sema GENÇER³

Öz: Ülkemizde domates yetiştiriciliği ekonomik getiri ve beslenme yönünden önem arz etmektedir. Domates yetiştiriciliğindeki önemli sorunlardan biri zararlılar (böcek ve akar) nedeniyle yüksek ürün kayıplarıdır. Günümüzde bazı domates hastalıkları ve nematot zararlılarına karşı dayanıklı domates çeşitleri ruhsatlanmasına karşın; diğer zararlılara karşı dayanıklı tescilli çeşitler henüz kaydedilmemiştir. Domateslerde, böceklerin ve akarların zararına hatta biyolojik mücadele etmenlerinin aktivitesine karşı olumsuz olan unsurlardan biri de domatesin vejetatif organlarında bulunan keseli ve kesesiz trikomlardır. Kesesiz trikomlar bu canlıların vücudunu tahrip ederek olumsuz etki yaratırken; keseli trikomların içinde bulunan acylsugar'ın bunlar üzerinde zehir veya kaçırmacı etkisi bulunmaktadır. Bundan dolayı, bu çalışmada 49 domates çeşidinde bulunan trikom yapıları ve keseli trikomlardan salgılanan acylsugar konsantrasyonları araştırılmıştır. İncelenen domates

^A Bu yayın TÜBİTAK 119O961 nolu proje, Narin GÖK'ün doktora tezi ve Simge ERTAŞ ÖZKAN'ın lisansüstü tez çalışmalarından üretilmiştir. Etik kurul izni gerekli olmayıp makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Simge ERTAŞ ÖZKAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye, simgeertas@gmail.com, [OrcID 0000-0002-4540-6915](https://orcid.org/0000-0002-4540-6915)

¹ Narin GÖK, Ziraat Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye, narin.gokkeskin@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0003-1889-5896](https://orcid.org/0000-0003-1889-5896)

² Nuray AKBUDAK, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye, nakbudak@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-2669-5667](https://orcid.org/0000-0003-2669-5667)

³ Nabi Alper KUMRAL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, Türkiye, akumral@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9442-483X](https://orcid.org/0000-0001-9442-483X)

³ Nimet Sema GENÇER, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, Türkiye, nsgencer@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-8053-5002](https://orcid.org/0000-0001-8053-5002)

⁴ Sultan ÇOBANOĞLU, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye, coban.sultan@gmail.com, [OrcID 0000-0002-3470-1548](https://orcid.org/0000-0002-3470-1548)

çeşitlerindeki trikominin tiplerine göre yoğunluklarının saptanması zararlılara dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi için temel bilgi sağlarken; aynı zamanda doğal düşmanların etkinliğini sınırlaması açısından da bilgi verilmiştir. Çalışmada yaprak, sap ve dallarda tip IV ve tip VI keseli; tip III ve tip V kesesiz trikominin yoğunlukları tespit edilmiştir. Her bir vejetatif organ ayrı ayrı değerlendirildiğinde farklı trikominin tiplerinin yoğunluklarının çeşitlere bağlı önemli düzeyde değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Ward'ın minimum varyans analizi metotuna göre her tipteki trikominin yoğunlukları düşük, orta ve yüksek olarak kümelendirilmiştir. İncelenen çeşitler arasında bazılarının hem keseli hem de kesesiz trikominin açısından düşük yoğunluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer istatistiksel farklılıklar, keseli trikominin bulunan acylsugar içerikleri açısından da ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Acylsugar, domates, çeşit, trikominin, savunma mekanizması, böcek, akar.

Determination of Densities and Acylsugar Concentrations of Trichome as Defence Structures against Plant Pests in Different Tomato Cultivars

Abstract: Tomato cultivation is significant in terms of economic income and nutrition of community for Turkey. One of the important problems in tomato cultivation is the high crop losses due to insect and mite pests. Although there are registered resistant tomato cultivars for some diseases and nematode pests, no resistant cultivar to other pests has been inscribed yet. The glandular and non-glandular trichomes in the vegetative organs of tomato have negative effects against insects and mites as well as the activity of biological control agents. While the non-glandular trichomes destroyed the integument of these pests, the acylsugar contained in the glandular trichomes has a poisonous or repellent effect on them. Therefore, this study investigated the trichome structures in 49 tomato cultivars and the concentrations of acylsugar secreted from the glandular trichomes. The determination of the types and densities of trichomes in the tomato cultivars examined will provide basic information for the identification of pest-resistant cultivars and for biological control in terms of limiting the effectiveness of natural enemies. In the study, the densities of trichomes with type IV and type VI glandular; type III and type V non-glandular trichomes were determined in leaves, stems and branches. When each vegetative organ was evaluated separately, it was found that densities of different trichome types were significantly different depending on the cultivars. According to the results of Ward's cluster analysis, trichome densities were divided into 3 groups as low, medium and high. Among the cultivars examined, some of them were found to have low densities in terms of both glandular and non-glandular trichomes. Similar statistical differences were found in terms of acylsugar content in glandular trichomes.

Keywords: Acylsugar, tomato, cultivar, trichome, defence mechanism, insect, acari.

Giriş

Ülkemizdeki domates üretimi hem açık alanda hem de örtü altı olmak üzere yüksek miktarda yapılmakta olup, bu üretimin 8 657 000 tonu sofralık, 4 448 000 tonunu da sanayi tipi olarak değerlendirilmektedir (TÜİK, 2020). Ayrıca, bu üretimin 519 000 tonu yaş meyve ve salça olarak ihraç edilmektedir (FAOSTAT, 2020). Dünyada 5 052 000 hektar alanda üretilen 186 822 000 ton'luk domatesin %7'lik kısmı Türkiye'de üretilmekte olup, ülkemiz üretim hacmi açısından Çin ve Hindistan'dan sonra 3. sıradadır (FAOSTAT, 2020). Domates üretimin önemli sorunlarından biri de böcek ve akar gibi zararlılardan kaynaklı ekonomik ürün kayıplarıdır. Hem örtüaltı hem de tarla veya bahçe yetiştiriciliğinde, yıl içinde birçok döl veren ve çok hızlı gelişen Eriophyidae, Tetranychidae (Acari), Thripidae (Thysanoptera) ve Aleyrodidae (Hemiptera) familyalarından sokucu emici zararlı türlerin mücadelesinde öncelikli olarak kimyasal mücadele kullanılmaktadır. Fakat kimyasal mücadelenin sık tercih edilmesi nedeniyle ürünlerde pestisit kalıntısına neden olması ve bunlara karşı zararlıların direnç oluşturması son zamanların karşımıza çıkan ciddi sorunlardır. Buna ek olarak, bu pestisitlerin özellikle hedef dışı organizmalara istenmeyen olumsuz etkileri bulunmaktadır (Van Leeuwen ve ark., 2010; Whalon ve ark., 2016).

Kimyasal mücadelenin bu sorunları nedeniyle son zamanlarda Entegre Zararlı Yönetimi stratejilerine uygun olarak, dayanıklı çeşit yetiştirme ve/veya biyolojik mücadele ile zararlıların popülasyonlarının ekonomik zarar seviyesi altında tutulması gibi hususlar üzerine odaklanılmaktadır. Kimyasal mücadelesi zor olan zararlılar için doğal mücadele etmenlerinin kullanılması, çevreye olumsuz etkileri azaltacağından dolayı doğal dengenin korunması sağlanmaktadır (Portakaldalı, 2013). Bazı bitki türlerinin farklı varyete veya ırklarının zararlılara karşı dayanıklı veya toleranslı durumları literatürde sıkça gösterilmektedir (Maluf ve ark., 2007; 2010; Atalay ve Kumral, 2013; Keskin ve Kumral, 2015). Domates bitkisinde böcek ve akar zararlılarına karşı bu tip bir dayanıklılık birçok yayında gösterilmiştir. Dayanıklılığa neden olan mekanizmanın domates yaprak, sap ve dallarının üzerinde bulunan kesesiz ve keseli trikomalardaki olduğu belirtilmiştir (Stipanovic, 1983; Pocovi ve ark., 1998; Maluf ve ark., 2007; 2010). Diğer taraftan aynı savunma mekanizmasının doğal düşmanın aktivitesine olumsuz etkilemesi de biyolojik mücadelenin başarısı için önem arz etmektedir (Calvo ve ark., 2015).

Kesesiz trikomalarda özellikle yumuşak vücutlu böcek ve akarların integümentini çizerek su kaybına neden olmaktadır. Bunlar aynı zamanda zararlıların yürüme ve beslenmesini zorlaştırarak gelişmesini sınırlandırmaktadır (Buitenhuis ve ark., 2014). Keseli trikomalarda bulunan bazı zehirli bileşikler zararlıların bitkiden uzaklaşmasına veya ölümüne sebep olmaktadır. Bu nedenlerle trikoma yoğunluğu çok fazla bulunan domates çeşitleri zararlılara karşı dayanıklı olabilmektedir. Yabani türler incelendiğinde herbivor dayanıklılığının asıl sebebinin bunların çok yoğun trikoma sahip olmalarıdır (Bergau, 2015). Zararlı akar türlerine karşı domates bitkisinin dayanıklılığında trikoma tipleri ve bu trikomların yoğunluğu, uzaklaştırıcı etkisi veya ikincil metabolitlerinin rolü daha önce gösterilmiştir (Chatzivasileiadis ve Sabelis, 1998; Gonçalves ve ark., 1998; Aragao ve ark., 2002; Antonious ve Snyder, 2006; Alba ve ark., 2009). Domates yapraklarında yüksek acılsugar içeriği bulunan çeşitlerde akar popülasyonunu ve zararının azaldığı bildirilmiştir (Maluf ve ark., 2007; 2010). Domateste kök hastalıkları ile nematotlara karşı dayanıklı bazı domates çeşitlerinin ruhsatlı olmasına rağmen; bugüne kadar zararlı akarlara ve böceklere karşı dayanıklı herhangi bir çeşit tescillenmemiştir. Öte

yandan, trikomların içeriğindeki kimyasallar kimi zaman avcı ve parazitoidlere de benzer olumsuz etkilere neden olduğu için bunlar biyolojik mücadelede başarısızlığa neden olmaktadır (Obrycki, 1986). Bu sebepler ile dayanıklı bitkiler için yoğun trikoma sayısına sahip olmaları; biyolojik mücadele için ise az trikoma sahip olmaları önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı yaygın olarak kullanılan 49 domates çeşidinde ve anaç olarak kullanılan bir hibrid yabani çeşitte trikoma tiplerini ve yoğunluklarını, ayrıca bu çeşitlerdeki keseli trikomlardaki acylsugar konsantrasyonunu belirlemektir. Bu amaçla, bazı bitki zararlıları yapraklar üzerinde bazıları da damar veya sap üzerinde beslenmeleri nedeniyle; bu vejetatif alanlar ayrı ayrı incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Denemelerde kullanılan bitkiler

Bu araştırma 2020-2023 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada kültür domates bitkisinin (*Lycopersicon esculentum* L.)'in sofralık oturak, sofralık sırk ve sanayi tipi özelliğinde 49 çeşidi ve bununla birlikte kimyasal ve fiziksel açıdan dayanıklılığı yüksek olduğu bilenen hibridi beaufort (kültür x yabani) (*Lycopersicon esculentum* × *Lycopersicon hirsutum*) çeşidi kullanılmıştır (Keskin ve Kumral, 2015). Kullanılan kültür domates çeşitleri ve üretici firma/kurum isimleri aşağıda verilmiştir.

Oturak sanayi çeşitler: Albeni, Gigante, Piyango, Rio Grande, UGT-983, UG-12406, UG-19406 (United Genetics), Arte, Lalin, Nazar (May Tohum), H2274 (Agromar);

Oturak sofralık çeşitler: Aytina, SC-2121 (Asgen Tarım), BT-236, BT-720, BT-986, BT Burty, BT Pembola (Bursa Tohumculuk), Elegro (Seminis), Falcon (May Tohum), İmpala, İnvictus Lot 335 (Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü), Joker (Anadolu Tohum Üretim), Nergis, Platinium (Nunhems Tarım), Troy, Y-65, Y-67 (Yüksel tohum), Doğu (Genetika tohum);

Sırk sofralık çeşitler: BT Taylin (Bursa Tohumculuk), Hazal (May Tohum), Kocaman (Tofida Tarım), Şef (Tulipa), Torry (Syngenta), TR0230312, TR0230313, TR69884, TR62146, TR62148 (Tohum Gen Bankası-Menemen), TGB-046333, TGB-046337, TGB046511 (Tohum Gen Bankası-Ankara), Şencan-9 (Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma), Asya, Alsancak, Gülpembe, Yükselköy (Yüksel tohum), Panda (Genetika tohum), Gamze (Nunhems)'dir.

Araştırmada kullanılan cihazlar ve sarf malzemeleri

Denemelerde spektrometrik mikropilaka okuyucu (Biotek 340 model), analitik terazi (Sartorius TE 214 S), ısıtıcılı manyetik karıştırıcı (Bio-san MSH 300), kamera ataçmanlı stereo mikroskop (Leica S9i), derin dondurucu buzdolabı (Ariston), kontrollü iklimlendirme odaları kullanılmıştır. Domates bitkilerinin yetiştirilmesinde Perlit (Kale Perlit, İstanbul), Klasman TS 1 tipi torf (Klasman-Deilmann; Almanya), 425'lik straför viyol, sırk çubukları, plastik saksılar (40x130 cm, 1.5 L'lik), suda çözünür fosfor (P₂O₅) %8, Nutriflex T

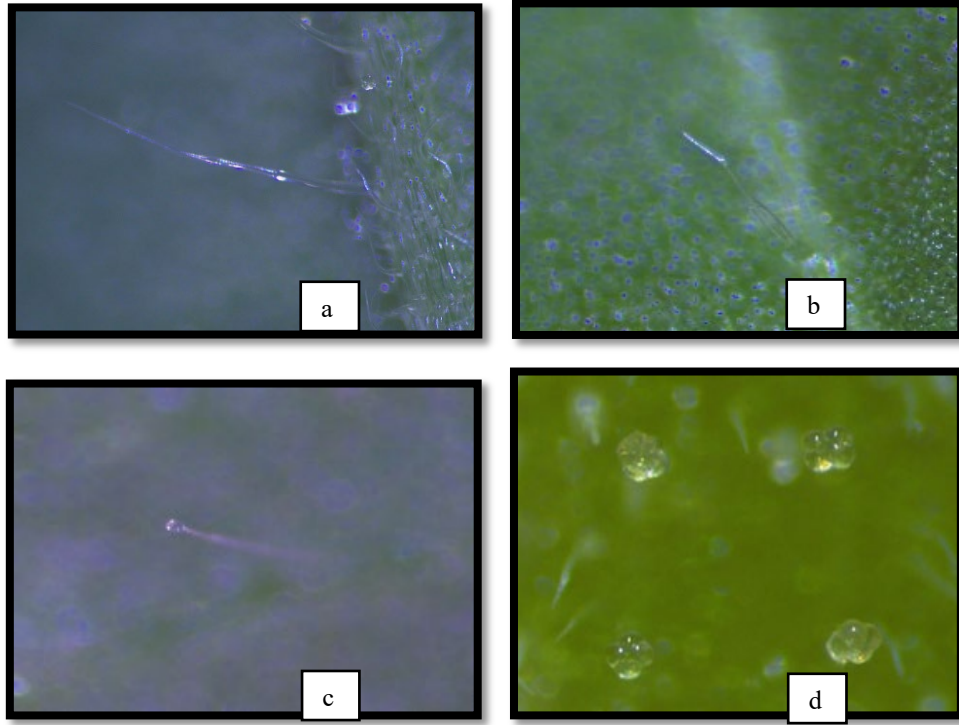
(Doktor Tarsa, Antalya) [Toplam azot (N) %15, suda çözümlü magnezyum %3 (MgO), suda çözümlü potasyum %25 (K₂O), suda çözümlü bakır %0.004 (Cu), suda çözümlü bor %0.03 (B), suda çözümlü mangan %0.25 (Mn), suda çözümlü demir %0.02 (Fe), suda çözümlü çinko %0.05 (Zn), suda çözümlü molibden %0.004 (Mo)], Hydroponica Calnit (Doktor Tarsa, Antalya) [suda çözümlü kalsiyum %26.3 (CaO), Toplam azot %15.5 (N)], Proton® (Doktor Tarsa, Antalya) [%45 organik madde, suda çözümlü potasyum %10 (K₂O), %1.5 Alginik asit] sarf malzemeleri olarak kullanılmıştır. Kimyasal olarak, arasenomolibdate, anhydrosus sodyum karbonat, anhydrosus sodyum sülfat, ammonyum molybdate, bakır sülfat, dicholoromethane, disodyum hidrojen arsenate, fosforik asit, glukoz standartı, hidroklorik asit, metanol, potasyum sodyum tartrate, sülfirik asit, sodyum bikarbonat ve sodyum hidroksit kullanılmıştır. Ayrıca, etiket, plastik poşetler, plastik falkon tüpler de kullanılmıştır.

Domates çeşitlerinin temini ve üretimi

Materyal bölümünde belirtilen farklı domates çeşitlerinin tohumdan yetiştirilmesi 27°C'deki 16 saat aydınlık 8 saat karanlık yapay ışıklandırma koşullarında (kırmızı-mavi renklerde) steril ortamda gerçekleştirilmiştir. Domates tohumları Klasmann TS 1 tipi torf (Klasmann-Deilmann) ortamında steril viyollere ekilmiştir. Domates çeşitlerinin özelliğine bağlı olarak ortalama 7-14 günde tohumlarda çimlenmeler görülmüştür. Çimlenme görüldükten yaklaşık 25 gün sonra fideler steril saksılara 2/3 oranında torf + 1/3 oranında perlit karışımına şaşırtılmıştır. Daha sonra fideler, pH'ı fosforik asitle 6.5'a getirilmiş gereçlerde belirtilen gübre karışımı ile sulanmıştır. Gübreleme haftada bir defa, sulama da bitkilerin su ihtiyacına bağlı olarak haftada 2- 3 defa yapılmıştır. Bitkilerin vejetatif aksamı gelişmeye başlayınca sırıklarla desteklenmiştir. Çiçeklenme dönemine gelen fideler trikom sayımları ve kimyasal analizler için kullanılmıştır.

Farklı trikom tiplerinin yoğunluklarının belirlenmesi

Her domates çeşidinden 3'er adet bitki örneklenmiştir. Her bir bitkinin 3 farklı yüksekliğinden 3'er adet yaprak ve yaprak sapı alınmıştır. Her yaprakta hem alt yüzeyinde (abaxial) hem de üst yüzeyinde (adaxial) aynı bölgeden seçilmiş alanlarda 6 mm² lik alana sahip şablonlar kullanılarak sayılmıştır. Her yüzeyde 3 damarlı ve 3 damarsız bölgeden alanlardan seçilmiştir. Bunun yanında her yaprakla birlikte yaprak sapında da sayımlar gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde toplamda her yaprakta 12 farklı alanda ve 1 adet saptaki trikom sayımları tamamlanmıştır. Saplarda yapılan sayımlarda sadece her saptaki 3 alandan örnekleme yapılmıştır. Trikom sayımları için stereo mikroskop kullanılmıştır. Trikom yapıları Channarayappa ve ark. (1992) ve McDowell ve ark. (2011)'a göre sınıflandırılmıştır. Domates yapraklarında kesesiz trikomlar tip III ve V olarak; keseli trikomlar tip IV ve VI olarak gruplandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Domates yaprakları üzerinde kesesiz tip III (a) ve V(b); keseli tip IV (c) ve VI (d) trikom tiplerinin mikroskop altındaki görüntüsü.

Domates çeşitlerinde acylsugar konsantrasyonunun belirlenmesi

Acylsugar ekstraksiyonu için farklı üç yükseklikten toplanmış her bir yapraktan 9 adet disk şeklinde yaprakçık (6 cm² yaprak alanı) alınarak ve bunlar 1 ml dichloromethane içeren bir tüp içine konulmuştur. Örnekler, 1 dk kadar vorteksle çalkalandıktan sonra, yapraklar uzaklaştırılmıştır. Dichloromethane 80°C'de uçurulduktan sonra, metanolde hazırlanmış 0.5 ml 0.1 N sodyum hidroksit tüpe konulmuştur. Bu kimyasal da uçurulduktan sonra 100°C'de 3 defa 2 dakika aralıkla metanol eklenmiştir. Son metanolde uçurulduktan sonra kalıntı 0.4 ml su içinde çözülmüştür. Üzerine 0.1 ml 0.04 N hidroklorik asit eklenerek sukroz glukoz ve fruktoza çevrilmiştir. Karışım 5 dakika kaynatmadan sonra oda sıcaklığında soğutulmuştur. Aşağıdaki formülle hazırlanmış Somogy-Nelson ajanı eklendikten sonra 10 dakika kaynatılmış ve oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır (Nelson, 1944). En son olarak 0.5 ml arasenomolibdate eklendikten sonra 15 saniye Vorteks'te çalkalanarak solüsyonun absorbansı Biotek-spektrometrik mikropilaka okuyucu ile 620 nm'de ölçülmüştür.

Somogy-Nelson ajanının hazırlanışı: Alkaline Copper Tartrate solüsyonu: A Solüsyonu: 2.54g anhydrous sodyum karbonat, 2g sodyum bikarbonat, 2.5g potasyum sodyum tartrate ve 20 gr anhydrous sodyum sülfat 80 ml distile suda çözdürülmüş ve toplam hacim 100 ml'ye distile su ile tamamlanmıştır. B Solüsyonu: 15 gr bakır sülfat az miktar distile suda çözülecek, 1 damla sülfirik asit eklenecek ve 100 ml'ye distile su ile tamamlanmıştır.

Kullanmadan önce taze olarak hazırlanmış olup, A solüsyonundan 96 ml; B solüsyonundan 4 ml karıştırılarak hazırlanmıştır.

Arsenomolybdate rejanı: A Solüsyonu: 45 ml distile suda 2.5 gr ammonyum molybdate çözülmüş ve 2.5 ml sülfirik asit eklenerek karıştırılmıştır. B solüsyonu: 0.3 gr disodyum hidrojen arsenate 25 ml suda çözülmüştür. A ve B solüsyonları karıştırılmış ve 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Standart eğri glukoz standartının 2nM ile 14 nm arasındaki 5 farklı konsantrasyonu Biotek-spektrometrik mikropilaka okuyucu ile 620 nm'de ölçülmüştür. Regresyon analizinden elde edilen eşitlikle ($y = 23.1x + 0.183$, $r = 0.97$) konsantrasyon çevrimi acylsugar nm cm^{-2} olarak hesaplanmıştır (Resende ve ark., 2002; Saeidi ve ark., 2007). Tüm kimyasal analizler temiz domates bitkisinde 3'er tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir.

İstatistiki analiz

Domates çeşitlerinin trikom tipine göre yoğunluk ve acylsugar konsantrasyon farklılıkları tek yönlü varyans analiziyle test edilmiştir. İstatistiki anlamda fark belirlenen ortalamalar $P = 0.05$ önem düzeylerinde Tukey testine göre gruplandırılmıştır (SPSS 23 version). Ayrıca domates çeşitlerinin tümündeki sayım sonuçları Ward'ın minimum varyans analizi metotuna göre cluster (kümeleme) analizine tabi tutulmuş ve istatistiki olarak üç farklı seviyede (en yüksek, orta ve en düşük trikom) kümelenen çeşitler belirlenmiştir (SPSS 23 version).

Bulgular

Trikom yoğunlukları

Materyal ve Yöntem bölümünde domateslerin isimleri ve özellikleri belirtilmiştir. 49 domates çeşidinde ve bir adet yabani x kültür hibriti çeşitte (Beaufort) belirlenen ortalama trikom yoğunlukları Çizelge 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Domates çeşitleri isim sıralamasına göre verilmiş olup, damarsız yaprak yüzeyi, damarlı yaprak yüzeyi ve yaprak sapı üzerindeki trikom yoğunlukları ayrı ayrı belirtilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere her çeşidin farklı alanlarında, farklı trikom yoğunluklarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çeşitlerin arasındaki trikom yoğunluğu yaprak (Tip III $F_{49,152} = 6.36$, $P < 0.01$; Tip V $F_{49,152} = 17.69$, $P < 0.01$; Tip IV $F_{49,152} = 19.49$, $P < 0.01$; Tip VI $F_{49,152} = 5.55$, $P < 0.01$), damar (Tip III $F_{49,152} = 8.81$, $P < 0.01$; Tip V $F_{49,152} = 13.23$, $P < 0.01$; Tip IV $F_{49,152} = 7.67$, $P < 0.01$; Tip VI $F_{49,152} = 8.45$, $P < 0.01$) ve sap (Tip III $F_{49,152} = 3.19$, $P < 0.01$; Tip V $F_{49,152} = 13.23$, $P < 0.01$; Tip IV $F_{49,152} = 8.98$, $P < 0.01$; Tip VI $F_{49,152} = 8.47$, $P < 0.01$) alanlarında istatistiki anlamda önemli farklılıklar görülmüştür. Buna göre, BT-Pembola, BT-Taylin, BT236, BT-720, BT-986, Gamze, Gülpembe, Kocaman, TR0230313, TR0230312, TR62146, TR62148, TGB046511, Şencan, Nazar, Y67 ve Y65 gibi çeşitlerin birçok kategoride farklı bölgelerde ve farklı trikom tiplerinde istatistiki anlamda düşük trikom yoğunluğuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, hiçbir çeşitte her bölgede ve her trikom yapısında tamamen düşük yoğunlukta trikoma sahip çeşit olduğunu söylemek mümkün olmamaktadır. Çeşitlerin arasında bu açıdan önemli bir zenginlik vardır.

ANOVA testi her ne kadar her bir yüzey ve trikoma tipi için istatistiksel anlamda farklılıkları ortaya koysa da elde edilen gruplandırmanın sonuçlarından trikoma yoğunluklarına göre sınıflandırma yapmak oldukça güç olmaktadır. Bu nedenden dolayı, ayrıca Ward'ın minimum varyans analizi uygulanmıştır. Domates çeşitlerinde her bir yüzeye göre (yaprak, sap ve damar) trikoma yoğunlukları göre kümeleme sonuçları dendrogramlar halinde oluşturulmuştur. Bu dendrogramlarda domateslerin farklı yüzeylerinde çeşitlerin birbirine olan yakınlıklarına göre en az üç gruba ayrıldıkları belirlenmiştir. Bu gruplar tek tek incelenerek Şekil 2'de verilen skala oluşturulmuştur. Bu üçlü skalada kümeleme analizine göre domates çeşitleri Yoğun trikoma (Y), Orta Trikoma (O) ve Düşük Trikoma (D) olarak gruplandırılmıştır. Üstelik daha görsel bir hale getirmek için renklendirme yapılmıştır: Y: Kırmızı, O: Yeşil ve D: Sarı. Sonuç olarak, farklı alanlarda ve farklı trikoma tiplerinde en çok düşük (D) trikoma sahip olan çeşitler azdan fazla sırasıyla şu şekilde bulunmuştur: Bt-Taylin, Impala, Bt-Pembola, Gigande, TR230312, TR62148, Y67, UG19406. Bunun tam aksine yüksek yoğunlukta trikoma (Y) sahip çeşitler ise fazladan aza sırasıyla aşağıdaki gibi bulunmuştur: Şef, Beaufort, Elegro, Kocaman, Arte, Bt-236, Falcon, H2274, Joker, Riogrande, TR62146. Son olarak ise orta seviyede trikoma yoğunluğuna (O) sahip çeşitler fazladan aza sırasıyla şu şekilde bulunmuştur: Piyango, SC2121, Y65, Bt986, Invictus, Lalin, Platinum, Alsacak, Hazal, Nergis, Şencan.

Acylsugar konsantrasyonları

Çizelge 4'de farklı çeşitlerin acylsugar konsantrasyonları verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, konsantrasyon farklılıkları çeşitlere göre önemli düzeyde değişmektedir ($F_{49,152} = 49.53, P < 0.01$). Acylsugar konsantrasyonunun yüksek bulunduğu çeşitler Albeni, Arte, Beaufort, Bt Pembeola, Gülpembe, İmpala, Şef, TGB046511, TR69884 ve UG-12406 olarak bulunmuştur. Fiziksel analizlerde yapılan bu incelemelerde söz konusu çeşitlerde, özellikle yaprakların damarlarında keseli Tip IV trikomların varlığı dikkat çekmektedir.

Tartışma

Yapılan bu çalışmada, domates çeşitlerinin yapraklarındaki trikoma yoğunluğu ile acylsugar varlığı arasında bir bağlantının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızda, domates çeşitlerindeki yaprakların farklı yüzeylerinde ve buralarda yer alan farklı trikoma yoğunluğunun ayrıntılı incelemesi yapılmıştır. Buna paralel olarak bu bitkiler üzerinde acylsugar konsantrasyonlarının da ölçümleri yapılmıştır. Bulgularımıza göre sonuçlar incelendiğinde trikoma yoğunlukları ile acylsugar konsantrasyonları arasında bir bağlantı bulunmuştur.

Çizelge 1. Farklı domates çeşitlerinin saplarında bulunan trikrom yoğunluğu

	Ortalama Trikrom yoğunluğu (Ort±SH 6 mm ⁻²)			
	Tip III	Tip V	Tip IV	Tip VI
ALBENİ	2.78±0.29b*	101.56±7.40a-h	29.33±3.84a-g	71.67±3.24a-g
ALSANCAK	4.22±0.62b	87.78±4.68b-k	13.67±0.96d-h	47.78±8.59a-i
ARTE	3.67±1.20b	52.67±17.80g-p	22.67±10.74a-h	61.78±5.20a-i
ASYA	3.78±0.29b	82.78±1.42c-m	5.78±1.83g-h	51.00±6.91a-i
AYTİNA	3.56±1.74b	84.56±6.47c-l	12.78±0.80d-h	27.00±9.03e-i
BEAUFORT	7.89±2.38ab	64.33±28.92d-p	53.89±5.25a	74.67±15.97a-f
BT BURTY	5.67±0.69b	76.22±10.28d-o	7.00±0.77f-h	22.78±1.75f-i
BT PEMBEOLA	3.44±0.59b	93.78±8.62b-j	3.67±0.51	20.00±5.35g-i
BT TAYLİN	5.33±0.67b	108.89±9.82a-h	9.56±1.24e-h	32.78±6.35d-i
BT-236	2.33±0.51b	76.00±6.30d-o	17.00±2.59c-h	37.00±9.29c-i
BT-720	4.78±0.44b	68.56±8.78d-o	7.67±2.04f-h	15.33±4.03hi
BT-986	2.67±0.38b	71.44±0.78d-p	4.78±0.29gh	14.67±3.56hi
DOĞUŞ	4.22±0.29b	97.22±14.29a-i	3.44±0.48h	23.22±3.77f-i
ELEGRO	4.11±0.48b	101.00±14.37a-h	11.22±3.82d-h	42.56±1.16a-i
FALCON	15.00±3.53a	57.56±13.94e-p	9.56±0.78e-h	90.56±18.68ab
GAMZE	6.56±1.44ab	148.11±1.60a-c	0.44±0.44h	78.44±6.18a-e
GİGANTE	2.44±0.29b	121.33±19.34a-f	22.56±1.94b-h	40.56±3.39b-i
GÜLPEMBE	2.89±0.29b	82.78±14.55c-m	9.33±0.88e-h	27.44±11.57e-i
HAZAL	3.78±0.29b	82.78±1.42e-p	5.78±1.83b-h	51.00±6.91a-i
H2274	6.67±2.14ab	96.11±16.29a-j	17.78±0.87c-h	68.33±9.48a-g
IMPALA	2.89±0.80b	114.22±4.08a-d	13.11±3.29f-h	37.44±2.95g-i
INVICTUS	2.78±0.48b	74.89±3.75d-o	16.89±1.79c-h	52.33±4.72a-i
JOKER	4.89±0.48b	86.67±8.47b-k	9.22±1.35f-h	33.22±6.22d-i
KOCAMAN	7.67±1.02ab	152.67±6.29ab	5.44±1.06gh	93.89±5.50a
LALIN	4.44±1.98b	30.89±16.44i-p	44.44±17.55ab	55.67±9.87a-i
NAZAR	2.67±0.51b	42.89±2.58h-p	15.89±4.14c-h	39.33±4.43b-i
NERGİS	4.78±0.78b	106.78±7.22a-h	10.22±2.99e-h	45.78±1.28a-i
PANDA	6.67±0.51ab	109.89±15.40a-h	4.78±0.80gh	22.33±3.83f-i
PLATINIUM	4.00±0.38b	15.78±2.41m-p	34.44±2.51a-e	34.78±0.62c-i
PİYANGO	4.44±0.59b	65.00±11.09d-p	40.44±4.36a-c	56.78±1.90a-i
RIO-GRANDE	10.11±1.64ab	83.78±28.09c-l	20.11±5.11b-h	70.56±4.87a-g
SC2121	5.00±1.35	77.56±7.23d-n	21.45±0.59b-h	29.00±5.17e-i
ŞEF	8.89±2.31ab	160.89±3.97a	7.44±0.95f-h	82.89±9.48a-d
ŞENCAN	2.89±0.73b	77.67±7.88d-n	14.33±2.41d-h	52.22±22.07a-i
TGB-046333	3.78±0.73b	52.11±1.93g-p	3.11±0.44h	22.56±9.93f-i
TGB-046337	3.33±0.58b	64.33±12.30d-p	3.00±0.84h	10.78±2.12i
TGB046511	4.33±0.19b	23.67±1.71k-p	31.00±1.53a-f	13.78±2.61hi
TR62148	6.11±1.09b	17.78±2.33l-p	14.44±0.59d-h	22.89±7.56f-i
TR0230312	3.33±1.53b	14.56±4.08n-p	10.33±2.67e-h	9.89±0.48i
TR0230313	9.11±3.37ab	9.89±1.97op	15.44±1.89c-h	10.56±3.06i
TR62146	8.11±2.76ab	6.78±3.40p	14.22±0.29d-h	21.78±2.02g-i
TR69884	5.11±4.61ab	24.22±2.41k-p	35.67±7.50a-d	28.44±10.28e-i
TROY	4.56±0.62b	114.89±5.11a-g	7.67±0.51f-h	37.89±7.78c-i
TORRY	6.89±0.40ab	123.44±3.40a-e	13.67±3.18d-h	43.44±12.37a-i
UG-19406	2.00±0.58b	95.33±7.36a-j	17.22±0.62c-h	69.78±2.99a-g
UG-12406	2.44±0.11b	106.11±5.38a-h	13.33±0.77d-h	62.11±5.84a-i
UGT-983	4.22±0.78b	106.78±1.31a-h	1.33±1.33h	87.11±17.87a-c
Y65	2.00±0.33b	54.56±5.17f-p	12.00±3.67d-h	11.00±1.00i
Y67	2.67±0.19b	29.89±5.44j-p	29.00±6.52a-g	30.44±1.28d-i
YÜKSELKÖY	3.44±0.78b	88.22±2.94b-k	11.11±1.06d-h	64.89±12.78a-h

*Aynı sütundaki farklı harfler Tukey testine göre %1 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

Çizelge 2. Farklı domates çeşitlerinin damarlarında bulunan trikrom yoğunluğu

Çeşit ismi	Ortalama Trikrom yoğunluğu (Ort±SH 6 mm ⁻²)			
	Tip III	Tip V	Tip IV	Tip VI
ALBENİ	7.07±0.74d-i*	54.26±8.37c-i	2.11±0.00d-g	11.93±2.48c-i
ALSANCAK	15.41±0.96a-f	71.26±7.15a-e	5.41±0.04c-g	22.59±6.48a-d
ARTE	12.07±0.74b-i	66.70±3.18b-f	3.07±0.74c-g	19.85±3.93b-f
ASYA	5.04±0.04g-i	58.22±1.44b-h	0.96±0.26fg	12.96±0.41b-i
AYTINA	10.63±2.41c-i	53.93±1.59c-j	5.85±0.07c-g	18.89±1.89b-g
BEAUFORT	7.37±3.04d-i	45.70±17.74d-m	19.22±8.00ab	9.89±1.78d-i
BT-236	23.07±0.52a	31.22±1.67f-m	15.63±0.07a-c	16.33±1.78b-i
BT-720	6.67±0.11e-i	46.74±0.04d-m	3.85±0.48c-g	8.67±0.11f-i
BT-986	7.56±0.33d-i	57.89±4.56b-h	1.52±0.29d-g	8.70±0.48f-i
BT-BURTY	5.96±0.48e-i	65.89±8.22b-g	4.44±0.11c-g	7.93±0.85f-i
BT-PEMBEOLA	6.63±0.04e-i	64.00±0.67b-g	0.85±0.07fg	7.26±0.15f-i
BT-TAYLİN	4.74±0.04hi	75.00±5.33a-d	5.30±0.37c-g	5.59±0.48hi
DOĞUŞ	4.22±0.11hi	57.93±3.52b-h	1.70±0.52d-g	10.89±0.56c-i
ELEGRO	17.30±1.26a-d	108.67±20.33a	1.78±1.44d-g	25.78±5.44ab
FALCON	10.96±1.19c-i	45.89±2.33d-m	5.11±0.00c-g	8.15±1.59f-i
GAMZE	12.33±0.00b-i	78.07±0.07a-d	0.00±0.00g	23.41±1.07a-c
GİGANDE	6.19±1.29e-i	64.07±3.85b-g	2.52±0.74d-g	22.04±6.48a-e
GÜLPembe	4.70±0.63hi	44.74±0.85d-m	3.63±0.70c-g	12.41±0.96c-i
HAZAL	7.59±0.52d-i	44.56±6.22d-m	9.96±1.52b-g	11.30±2.19c-i
H2274	10.48±0.85c-i	52.22±0.67c-j	8.30±0.41b-g	12.44±0.56c-i
INVICTUS	9.15±0.29c-i	60.26±4.26b-h	6.44±2.44b-g	11.67±0.89c-i
IMPALA	13.06±3.51b-h	86.35±10.63a-c	3.30±0.46d-g	11.54±1.56d-i
JOKER	7.48±0.07d-i	50.85±0.29d-k	2.93±0.81c-g	12.00±0.44c-i
KOCAMAN	11.93±0.07b-i	68.85±0.63b-f	0.81±0.07fg	17.48±1.70b-h
LALIN	9.15±1.74c-i	52.04±3.07d-j	7.78±6.00b-g	17.04±2.37b-i
NAZAR	12.48±1.26b-i	30.85±3.48f-m	6.44±2.00b-g	12.74±0.04c-i
NERGIS	7.74±0.04d-i	66.67±1.67b-f	3.59±0.29c-g	14.30±0.70b-i
PANDA	5.96±0.07e-i	51.37±0.41d-k	3.37±0.07c-g	8.59±0.26f-i
PİYANGO	6.00±1.11e-i	43.26±0.41d-m	14.19±6.41a-d	11.15±1.37c-i
PLATINIUM	5.74±0.70f-i	17.37±3.41i-m	25.93±4.48a	9.63±1.15e-i
RIO-GRANDE	21.67±2.11ab	33.07±6.96e-m	13.15±2.52a-f	9.00±0.11e-i
SC2121	7.00±0.56d-i	47.81±0.26d-m	13.15±0.29a-f	12.48±0.71c-i
SEF	12.41±0.37b-i	95.30±3.96ab	0.15±0.04fg	34.07±1.04a
ŞENCAN	4.70±0.07hi	46.30±2.37d-m	12.70±0.52b-g	10.33±0.44d-i
TGB-046333	7.41±0.70d-i	44.33±6.11d-m	2.30±0.19d-g	8.67±0.33f-i
TGB-046337	4.59±0.04hi	35.00±6.22e-m	1.07±0.37e-g	8.07±1.29f-i
TGB046511	12.30±1.37b-i	15.48±0.19i-m	14.07±0.59a-e	6.48±0.29g-i
TR0230312	11.63±2.74b-i	11.07±0.37lm	6.15±0.41c-g	6.41±1.82g-i
TR0230313	16.11±1.67a-e	8.44±0.44m	4.15±0.59c-g	5.26±0.29hi
TR62146	13.11±3.56a-i	14.52±0.93j-m	3.89±0.22c-g	4.26±0.07i
TR62148	15.15±0.52a-g	11.85±1.41k-m	11.93±0.41b-g	11.15±0.63c-i
TR69884	9.48±1.48c-i	20.81±4.52h-m	3.81±0.70c-g	10.04±0.70d-i
TORRY	6.04±0.07e-i	49.93±2.15d-l	5.00±0.44c-g	8.78±0.22f-i
TROY	5.70±0.41f-i	45.44±1.00d-m	3.48±0.41c-g	12.93±0.96b-i
UGT983	5.78±0.11f-i	61.22±4.56b-g	0.07±0.04g	8.70±1.26f-i
UG12406	3.30±0.29i	58.93±0.15b-h	0.41±0.19fg	10.07±0.74d-i
UG19406	3.07±0.29i	48.00±1.56d-m	3.78±1.22c-g	14.93±2.41b-i
Y65	3.59±0.37i	62.48±0.19b-g	2.78±1.78c-g	13.56±0.33b-i
Y67	8.04±1.07c-i	26.41±2.59g-m	12.93±3.59a-g	13.15±1.07b-i
YÜKSELKÖY	18.15±1.74a-c	77.74±5.26a-d	1.26±0.07d-g	19.26±1.82b-g

*Aynı sütundaki farklı harfler Tukey testine göre %1 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

Çizelge 3. Farklı domates çeşitlerinin yaprak yüzeyinde bulunan trikrom yoğunluğu

Çeşit ismi	Ortalama Trikrom yoğunluğu (Ort±SH 6 mm ⁻²)			
	Tip III	Tip V	Tip IV	Tip VI
ALBENİ	1.04±0.27gh*	45.59±9.24d-j	1.26±0.39c-e	28.74±4.86b-f
ALSANCAK	4.59±0.68a-h	84.81±6.41a-c	0.81±0.29de	28.15±0.66b-f
ARTE	2.15±0.79e-h	36.63±3.64e-j	0.85±0.27de	15.26±2.39d-f
ASYA	2.74±0.21c-h	70.70±3.25b-h	2.67±0.33c-e	34.93±4.95a-e
AYTINA	3.96±0.78b-h	39.11±13.47d-j	1.89±0.73c-e	20.07±3.22c-f
BEAUFORT	7.41±2.06a-c	29.15±20.48g-j	6.19±2.35c-e	21.15±11.25b-f
BT-236	6.30±1.52a-f	30.26±1.76f-j	5.78±1.39c-e	20.07±2.60c-f
BT-720	3.33±0.22b-h	72.59±3.48b-g	6.52±0.19c-e	22.63±2.78b-f
BT-986	5.15±0.41a-g	57.26±4.97c-i	4.26±1.21c-e	22.44±0.57b-f
BT BURTY	3.44±0.29b-h	78.19±4.74b-f	7.67±0.87b-e	16.63±1.09d-f
BT PEMBEOLA	4.63±0.32a-h	83.04±8.18a-c	2.44±0.29c-e	27.33±3.66b-f
BT TAYLİN	2.37±0.23e-h	98.44±6.67a-c	7.93±1.23b-e	18.52±3.29c-f
DOĞUŞ	3.22±0.33c-h	57.33±2.67c-i	2.15±0.55c-e	37.04±2.36a-e
ELEGRO	3.19±0.16c-h	70.26±10.69b-h	0.74±0.39de	27.59±4.91b-f
FALCON	4.89±1.19a-h	56.00±2.02c-i	8.30±0.43b-d	27.26±2.80b-f
GAMZE	1.33±0.06f-h	77.11±7.46b-g	0.00±0.00e	49.00±5.63ab
GİGANDE	2.30±0.98e-h	68.15±4.77b-h	1.56±0.85c-e	32.52±5.16a-f
GÜLPembe	2.41±0.19d-h	48.81±3.83d-j	2.04±0.45c-e	35.89±6.66a-e
HAZAL	2.37±0.04e-h	87.85±9.81a-d	15.70±1.72ab	33.30±1.36a-f
H2274	3.56±0.84b-h	111.52±19.98ab	17.70±4.19a	41.67±7.05a-d
INVICTUS	1.41±0.69f-h	108.04±17.89ab	21.19±2.06a	46.15±1.63a-c
IMPALA	3.46±0.74c-h	79.30±5.31b-d	2.65±0.35c-e	20.80±3.13d-f
JOKER	3.81±0.24b-h	85.41±6.43a-e	2.78±0.28c-e	32.93±1.04a-f
KOCAMAN	2.33±0.23e-h	73.00±8.57b-g	0.15±0.09de	36.26±5.19a-e
LALIN	2.00±0.50e-h	51.70±3.92c-j	2.48±0.87c-e	19.81±2.01c-f
NAZAR	2.41±0.23d-h	22.81±4.48h-j	2.78±1.09c-e	14.00±1.73d-f
NERGIS	4.22±0.53a-h	87.74±2.01a-d	6.41±0.37c-e	28.67±3.06b-f
PANDA	2.41±0.14d-h	65.07±4.72b-h	4.81±0.88c-e	23.52±2.34b-f
PIYANGO	1.52±0.59e-h	42.07±1.01d-j	6.89±2.43c-e	15.78±2.13d-f
PLATINIUM	1.44±0.34e-h	11.15±1.48ij	15.74±3.74ab	13.33±1.64d-f
RIO-GRANDE	8.96±2.41a	44.52±8.19d-j	9.26±0.71bc	17.04±6.15d-f
SC2121	2.00±0.57e-h	107.33±11.45ab	21.11±0.86a	35.89±2.71a-e
SEF	3.37±0.19b-h	129.93±8.85a	0.00±0.00e	59.81±5.04a
ŞENCAN	2.00±0.17e-h	111.81±2.05ab	18.26±0.95a	34.59±0.29a-f
TGB-046333	2.41±0.58d-h	51.04±7.34c-j	1.89±0.19c-e	30.70±6.76b-f
TGB-046337	3.52±0.16b-h	43.15±6.36d-j	1.37±0.19c-e	23.74±8.50b-f
TGB046511	6.41±0.97a-e	13.56±2.38ij	7.93±3.43b-e	14.04±0.93d-f
TR0230312	2.96±0.21c-h	13.52±3.45ij	1.44±0.36c-e	9.96±1.60ef
TR0230313	5.30±0.04a-g	4.78±1.14j	0.67±0.29de	6.37±1.66f
TR62146	7.35±1.30a-d	11.15±2.71ij	3.78±2.34c-e	19.37±5.40c-f
TR62148	8.30±1.45ab	13.04±2.15ij	2.11±0.39c-e	23.85±8.97b-f
TR69884	6.04±0.93a-f	15.48±2.33ij	1.52±0.35c-e	26.67±9.95b-f
TORRY	3.48±0.04b-h	75.59±4.87b-g	5.93±0.42c-e	29.70±1.87b-f
TROY	3.52±0.38b-h	87.19±1.03a-d	6.63±0.29c-e	31.07±3.54b-f
UGT983	1.63±0.42e-h	85.33±8.23a-e	0.00±0.00e	33.74±1.16a-f
UG12406	1.81±0.15e-h	72.74±7.99b-g	0.33±0.17de	29.15±4.33b-f
UG19406	0.11±0.06h	21.85±2.35h-j	2.11±0.87c-e	22.44±3.37b-f
Y65	1.74±0.74e-h	50.67±6.94c-j	0.93±0.38de	17.56±2.38d-f
Y67	2.33±0.27e-h	14.15±1.15ij	6.26±0.46c-e	15.04±0.71d-f
YÜKSELKÖY	2.81±0.72c-h	55.07±2.09c-i	0.26±0.13de	21.37±1.32b-f

*Aynı sütundaki farklı harfler Tukey testine göre %1 düzeyinde önemli farklılığı göstermektedir.

ÇEŞİT ADI	TIP III			TIP V			TIP IV			TIP VI		
	SAP	DAM	YAP	SAP	DAM	YAP	SAP	DAM	YAP	SAP	DAM	YAP
ALBENI	D	O	O	D	O	O	Y	Y	D	Y	O	Y
ALSANCAK	O	Y	O	O	D	Y	O	O	D	O	Y	Y
ASYA	D	D	D	Y	O	Y	O	Y	D	O	O	Y
ARTE	D	Y	O	Y	D	O	O	Y	D	Y	Y	O
AYTINA	D	Y	Y	Y	O	O	O	O	D	D	Y	D
BEAUFORT	Y	O	Y	Y	O	D	Y	D	Y	Y	O	D
BT BURTY	Y	O	Y	O	D	Y	D	Y	O	D	D	O
BT PEMBEOLA	D	O	O	O	D	Y	D	Y	D	D	D	O
BT TAYLIN	O	D	D	D	D	O	D	O	O	D	D	D
BT-236	D	Y	Y	Y	Y	D	O	D	O	D	Y	D
BT-720	O	O	Y	Y	O	Y	D	Y	O	O	D	D
BT-986	D	O	O	Y	O	O	O	Y	O	O	D	D
DOĞUŞ	O	D	Y	D	O	O	O	Y	D	D	O	Y
ELEGRO	O	Y	Y	D	D	Y	D	Y	D	O	Y	Y
FALCON	Y	Y	O	Y	O	O	D	O	O	Y	D	Y
GAMZE	Y	Y	O	O	D	Y	O	Y	D	Y	Y	O
GIGANTE	D	O	D	D	D	Y	O	Y	D	D	Y	Y
GULPEMBE	D	D	D	O	D	O	D	Y	O	D	O	Y
HAZAL	D	O	D	Y	O	Y	O	O	Y	O	O	Y
H2274	Y	Y	Y	D	O	O	O	O	Y	Y	O	O
IMPALA	D	Y	O	D	D	Y	D	Y	D	D	O	D
INVICTUS	D	Y	O	Y	O	Y	O	O	Y	O	O	O
JOKER	O	O	Y	Y	O	Y	D	Y	D	D	O	Y
KOCAMAN	Y	Y	D	O	D	Y	O	D	D	Y	Y	Y
LALIN	O	Y	O	O	O	O	Y	O	D	O	Y	D
NAZAR	D	Y	D	Y	Y	D	O	O	D	D	O	O
NERGIS	O	O	O	D	D	Y	D	Y	O	O	O	Y
PANDA	Y	O	D	D	O	Y	O	Y	O	D	D	D
PIYANGO	O	O	O	Y	O	O	Y	D	O	O	O	O
PLATINIUM	O	O	O	O	Y	D	Y	O	Y	D	O	O
RIO GRANDE	Y	Y	Y	O	Y	O	O	D	O	Y	D	O
ŞEF	Y	Y	Y	O	O	Y	D	Y	D	Y	Y	O
ŞENCAN	D	D	O	O	O	O	O	D	Y	Y	O	Y
SC2121	O	O	O	O	O	O	O	D	Y	D	O	Y
TGB-046333	D	O	D	Y	O	O	O	Y	O	D	D	Y
TGB-046337	D	D	O	Y	Y	O	O	Y	O	O	D	D
TGB046511	O	Y	Y	O	Y	D	Y	D	O	O	D	O
TR0230312	D	Y	D	O	Y	D	D	O	O	O	D	O
TR0230313	Y	Y	O	O	Y	D	O	O	D	O	D	O
TR69884	O	Y	Y	O	Y	D	Y	O	D	D	O	Y
TR62146	Y	Y	Y	O	Y	D	O	Y	O	D	D	D
TR62148	Y	Y	Y	O	Y	D	O	D	D	D	O	D
TORRY	Y	O	Y	D	O	Y	O	O	O	Y	D	Y
TROY	O	O	Y	D	O	Y	D	Y	O	D	O	Y
UGT-983	O	O	O	D	O	Y	O	Y	D	Y	D	Y
UG-12406	D	D	O	D	O	Y	O	Y	D	Y	O	Y
UG-19406	D	D	O	D	O	D	O	Y	D	Y	O	D
Y-65	D	D	O	Y	D	O	O	O	D	O	O	O
Y-67	D	O	D	O	Y	D	Y	D	Y	D	O	O
YUKSELKOY	D	Y	D	O	D	O	D	Y	D	Y	Y	D

Şekil 2. Farklı çeşit domates bitkilerinde kümeleme Ward linkage analizine göre trikoma yoğunluk skalası (Kırmızı: yüksek yoğunluk, Yeşil: orta yoğunluk, Sarı: düşük yoğunluk)

Çizelge 4. Farklı çeşit domates yapraklarındaki acylsugar konsantrasyonları

	Acylsugar (nM cm ⁻²)
ALBENİ	2.51±0.03 a-j
ALSANCAK	1.52±0.03w-z
ARTE	2.66±0.05a-e
ASYA	1.82±0.04n-z
AYTİNA	1.35±0.07 z
BEAUFORT	2.12±0.05e-u
BT BURTY	1.76±0.01n-z
BT PEMBEOLA	2.03±0.02g-w
BT TAYLİN	1.81±0.06q-z
BT-236	1.26±0.01 z
BT-720	1.56±0.03v-z
BT-986	1.44±0.02 z
DOĞUŞ	1.23±0.05 z
ELEGRO	2.53±0.13b-h
GAMZE	1.68±0.01q-z
GİGANTE	1.64±0.12 t-z
GÜLPEMBE	2.11±0.03h-q
H2274	1.94±0.02 k-y
HAZAL	1.28±0.07 z
INVICTUS	1.05±0.03 z
IMPALA	2.02±0.01 i-v
JOKER	1.69±0.01 q-z
KOCAMAN	1.97±0.01 j-y
LALİN	1.66±0.01 s-z
NAZAR	1.70±0.01 q-z
NERGİS	1.36±0.06 z
PANDA	1.46±0.04 z
PIYANGO	1.32±0.02 z
PLATİNİUM	1.55±0.02w-z
RİOGRANDE	1.89±0.02 l-z
SC2121	1.29±0.08 z
ŞEF	2.03±0.03 g-x
ŞENCAN	1.40±0.04 z
TGB046511	2.66±0.03a-e
TGB020312	1.49±0.01w-z
TGB020313	2.02±0.03i-w
TGB046333	1.32±0.04 z
TGB046337	1.61±0.05 v-z
TR69884	2.30±0.15 d-k
TORRY	1.42±0.02 z
TROY	1.72±0.08 q-z
UG-19406	1.65±0.06 s-z
UG-12406	2.05±0.03 h-v
UGT-983	1.18±0.01 z
Y65	1.47±0.03 z
Y67	1.62±0.01 s-z
YÜKSELKÖY	1.45±0.01 z

Domates bitkilerinde acylsugar konsantrasyonunun yüksek bulunduğu çeşitler Albeni, Arte, Beaufort, Bt-Pembola, Gülpembe, İmpala, Şef, TGB046511, TR69884 ve UG-12406 olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Fiziksel testlerde yapılan bu incelemeler sonucunda bu çeşitlerin özellikle yaprak damarlarında keseli Tip VI trikominin varlığı dikkat çekmektedir (Çizelge 2). Bulgularımıza benzer olarak domates çeşitlerinde Tip VI trikominin yoğunluğu ile acylsugar varlığı arasındaki ilişki birçok çalışmada belirlenmiş olup, bu kimyasalın kırmızıörümceklere dayanıklılığında önemli bir rol aldığı çalışmalarda gösterilmektedir (Simmons ve ark. 2003; Resende ve ark. 2002; Saecidi ve ark. 2007). Buna karşılık, Tip IV trikominin yoğunluğu açısından fakir çeşitlerde (Alsancak, Aytina, Bt-Taylin, Bt-236, Nazar, Riogrande, TGB230312, Torry, Y65) de acylsugar konsantrasyonları istatistiki anlamda düşük bulunmuştur. Benzer olarak, Lucini ve ark. (2015) yüksek acylsugar içeriğine sahip olan domates genotiplerinde *T. urticae*'nin davranış ve biyolojisi üzerindeki etkisini ve gelişen dirençte trikominin rolünü değerlendirmişlerdir. Dolayısıyla antibiyoz mekanizması da bu dirençle ilişkilendirilmiştir. Araştırmacılar tarafından acylsugar içeriği yüksek olan genotiplerde Tip IV keseli trikominin yoğunluğunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Böylelikle acylsugar içeriği ve tip IV keseli trikominin arasında önemli pozitif ilişki olduğu belirtilmektedirler. Bizim çalışmalarımızda da acylsugar oranı ile Tip IV keseli trikominin arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Maluf ve ark. (2010) yüksek oranda acylsugar (AS) içeriği bulunan farklı domates çeşitlerinde (TOM-687, TOM-688, TOM-689) çalışmaları yürüttüklerini bildirmektedirler. Bu hatlara ek olarak 2 düşük-AS hattı (TOM-690, TOM-684 hibritlenerek), 1 düşük-AS hattı × 1 yüksek AS hattı (= orta düzey AS seviyesi), 2 yüksek-AS hattı (= high-AS hybrid), 2 düşük AS hattı (= low-AS hybrid) elde edilmiş edilmiştir. Bu elde edilen genotiplerin *B. tabaci*, *T. absoluta* ve *T. urticae*'ye karşı dayanıklılığı test edilmiş bildirilmektedir. Yapılan testlemeler sonucunda bu zararlılara karşı yüksek acylsugar içeriği olan genotiplerin düşük acylsugar içeriğine sahip olan genotiplerden daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, orta düzeyde acylsugar içeriğine sahip olan domates genotiplerinde geniş çaplı domates zararlılarına karşı etkili olabileceği bildirilmektedir. De Souza Marinke ve ark. (2022) bu çalışmada *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) genotiplerinde direnç mekanizmaları ve yaprak trikominin tipleri ile acylsugar içeriği arasındaki ilişki 14 farklı genotipin yanı sıra ebeveyn *Solanum lycopersicum* 'Redenção' (duyarlılık standardı) ve *Solanum pennellii* LA-716 (direnç standardı) test edilmiştir. Çalışma sonucunda en dirençli genotipte yüksek keseli trikominin sayısı belirlenmiştir. Araştırmamıza benzer olarak, yüksek düzeyde acylsugar içeren genotipler, keseli trikominin yoğunluğu ile doğrudan bir ilişki göstererek *T. evansi*'ye karşı artan direnç göstermiştir. Yürütülen bu çalışmada da acylsugar miktarı yüksek olarak belirlenen domates çeşitlerinin (Albeni, Arte, Beaufort, Bt-Pembola, Gülpembe, İmpala, Şef, TGB046511, TR69884 ve UG-12406) zararlılara karşı dayanıklı olabileceği düşünülmektedir. İleride yapılacak çalışmalarla bu hipotez farklı zararlı ve bu çeşitler arasında test edilmelidir.

Sonuç

Bu çalışma kapsamında ülkemizde ticareti yapılan ve birçoğu yerli üretim olan 50 farklı domates çeşidinde trikominin tiplerine ve yoğunluklarına bağlı olarak farklılıkları ortaya konmuştur. Bu çalışmalar hem bitkilerin farklı

yüksekliklerinden hem de farklı yüzeylerinden (yaprak altı-üstü, yaprak sapı ve damar) alınarak bitki içindeki varyasyonlar da belirlenmiştir. Bu proje sayesinde çeşitler arasında trikrom tipine ve bitki yüzeyine bağlı olarak önemli bir varyasyonun olduğu ortaya konmuştur. Özellikle, keseli trikromların taşıdığı zehirli ve kaçırıcı kimyasallar zararlılar kadar bunların düşmanlarını da etkilediği için bunların konsantrasyonlarındaki farklılıklar da çeşit bazında belirlenmiştir. Benzer olarak, çeşitler arasında acylsugar gibi bitki savunma mekanizmasında rol oynayan doğal kimyasal açılarından önemli bir varyasyonun olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalar sayesinde ülkemizde kullanılan birçok sofralık ve sanayi domates çeşidinde fiziksel ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi en az, orta ve en çok trikrom ve zehirli birleşime sahip çeşitlerin kümeleme analizi amacına ulaşılmıştır. Bu çalışmanın amacı herhangi bir çeşidi öne çıkarmak değil farklı bakış açıları için bir haritalandırma yapmaktır. Nitekim, bazı çeşitler hem yüksek trikrom yoğunluğu hem de yüksek kimyasal konsantrasyonu ile diğer çeşitlerden belirgin şekilde ayrılmıştır. İleride yapılacak araştırmalarda, bu çeşitlerin diğer zararlılara olan dayanıklılıkları için bu veriler önemli bir kaynak oluşturacaktır. Çalışmanın bu yönünün zararlı bitki ilişkileri açısından bitki dayanıklılığı yönünde önemli veriler sunduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu araştırmaya TOVAG 1190961 nolu proje ile destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Bu makalede araştırma ve yayın etiği kurallarına uyulmaktadır. Bu makalede etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır. Bu makalede yazarlar çalışmaya ortak katkıda bulunmuşlar ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Alba, J. M., Montserrat, M. and Fernandez-Munoz, R. 2009. Resistance to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by acylsucroses of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*) trichomes studied in a recombinant inbred line population. *Experimental & Applied Acarology*, 47(1/2): 35-47.
- Antonious, G. F. and Snyder, J. C. 2006. Natural products: repellency and toxicity of wild tomato leaf extracts to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 41(1): 43-55.
- Aragao, C. A., Dantas, B. F. and Benites, F. R. G. 2002. Effect of allelochemicals in tomato leaf trichomes on mite (*Tetranychus urticae* Koch) repellency in genotypes with different levels of 2-tridecanone. *Acta Botanica Brasilica*, 16(1): 83-88.
- Atalay, E. and Kumral, N. A. 2013. Biocigal features and life tables of *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) on different table tomato varieties. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(3): 329-341.

- Bergau, N., Bennewitz, S., Syrowatka, F., Hause, G. and Tissier, A. 2015. The development of type VI glandular trichomes in the cultivated tomato *Solanum lycopersicum* and a related wild species *S. habrochaites*. *BMC Plant Biology*, 15(1): 1-15.
- Buitenhuis, R., Shipp, L., Scott-Dupree, C., Brommit, A. and Lee, W. 2014. Host plant effects on the behaviour and performance of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 62: 171-180. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9735-1>
- Calvo, F. J., Knapp, M., van Houten, Y. M., Hoogerbrugge, H. and Belda, J. E. 2015. *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent. *Experimental and Applied Acarology*, 65(4): 419-433. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9873-0>
- Channarayappa, S. G., Muniyappa, V. and Frist, R. H. 1992. Resistance of *Lycopersicon* species to *Bemisia tabaci*, a tomato leaf curl virus vector. *Canadian Journal of Botany*, 70: 2184-2192.
- Chatzivasileiadis, E. A. and Sabelis, M.W. 1998. Variability in susceptibility among cucumber and tomato strains of *Tetranychus urticae* Koch to 2-tridecanone from tomato trichomes: effects of host plant shift. *Experimental & Applied Acarology*, 22(8): 455-466.
- de Souza Marinke, L., de Resende, J.T.V., Hata, F.T., Dias, D. M., Oliveira, L.V.B., Ventura, M.U., Zanin, D.S. and Filho, R.B. 2022. Selection of tomato genotypes with high resistance to *Tetranychus evansi* mediated by glandular trichomes. *Phytoparasitica*, 50: 629-643.
- FAOSTAT, 2020. Food and Agriculture Organization of United Nations. <https://www.fao.org/home/en/>(Erişim Tarihi: 01.12.2020)
- Gonçalves, M. I. F., Maluf, W. R., Gomes, L. A. A. and Barbosa, L. V. 1998. Variation of 2-tridecanone level in tomato plant leaflets and resistance to two mite species (*Tetranychus* sp.). *Euphytica*, 104(1): 33-38.
- Keskin, N. and Kumral, N. A. 2015. Screening tomato varietal resistance against the two-spotted spider mite [*Tetranychus urticae* (Koch)]. *International Journal of Acarology*, 41(4): 300-309.
- Lucini, T., Faria, M. V., Rohde, C., Resende, J. T. V. and de Oliveira, J. R. F. 2015. Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance to *Tetranychus urticae*. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(1): 45-53.
- Maluf, W. R., Inoue, I. F., Ferreira, R. de P. D., Gomes, L. A. A., Castro, E. M. De. and Cardoso, M. das G. 2007. Higher glandular trichome density in tomato leaflets and repellence to spider mites. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(9): 1227-1235.
- Maluf, W. R., Maciel, G. M., Gomes, L. A. A., Cardoso, M. D. G., Gonçalves, L. D., Silva, E. C. da and Knapp, M. 2010. Broad-spectrum arthropod resistance in hybrids between high- and low-acylsugar tomato lines. *Crop Science*, 50(2): 439-450.
- McDowell, E. T., Kapteyn, J., Schmidt, A., Li, C., Kang, J., Descour, A., Shi, F., Larson, M., Schillmiller, A., An, L., Jones, A. D., Pichersky, E., Soderlund, C. A. and Gang, D. R. 2011. Comparative functional genomic analysis of *Solanum* glandular trichome types. *Plant Physiology*, 155(1): 524-539.

- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biology & Chemistry*, 153: 375–380.
- Obrycki, J. J. 1986. The influence of foliar pubescence on entomophagous species. *Interactions of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects*, 61-83.
- Pocoví, M., Gilardón, E., Gorustovich, M., Olsen, A., Gray, L., Hernández, C., Petrinich, C. and Collavino, G. 1998. 2-tridecanona y su asociación con la resistencia a la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick) ya la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103(2): 165-171.
- Portakaldalı, M., Öztemiz, S. ve Kütük, H. 2013. Adana'da Açık Alan Domates Yetiştiriciliğinde *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) ve Doğal Düşmanlarının Popülasyon Takibi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 27(2): 45-54.
- Resende, J. T. V., Cardoso, M. D. G., Nelson, D. L. and Faria, M. V. 2002. Inheritance of acylsugar contents in tomatoes derived from an interspecific cross with the wild tomato *Lycopersicon pennellii* and their effect on spider mite repellence. *Genetics and Molecular Research*, 1(2): 106-116.
- Saeidi, Z., Mallik, B. and Kulkarni, R. S. 2007. Inheritance of glandular trichomes and two-spotted spider mite resistance in cross *Lycopersicon esculentum* “Nandi” and *L. pennellii* “LA2963”. *Euphytica*, 154(1-2): 231-238.
- Simmons, A. T., Gurr, G. M., Mcgrath, D., Nicol, H. I. and Martin, P. M. 2003. Trichome of *Lycopersicon* and their effect on *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Australian Journal of Entomology*, 42(4): 373-378.
- Stipanovic, R. D. 1983. Function and chemistry of plant trichomes and glands in insect resistance: protective chemicals in plant epidermal glands and appendages. *ACS Symposium Series*, 208(5): 69-100.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 26.09.2020)
- Van Leeuwen, T., Witters, J., Nauen, R., Duso, C. and Tirry, L. 2010. The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. *Experimental & Applied Acarology*, 51(1-3): 205-224.
- Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. and Hollingworth, R.M. 2016. Arthropod pesticide resistance database. <https://www.pesticideresistance.org/> (Erişim Tarihi: 26.09.2023)



Gıda Atığı ve Şeker Fabrikası Atığı Kompostlarının Toprak Özellikleri ve Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Gelişimine Etkisi^A

Serhat GÜREL^{1*}

Öz: Bu çalışmada, gıda atığı kompostu (GAK), şeker fabrikası atığı kompostu (pancar tohumu atığı kompostu=PAK), çiftlik gübresi (ÇG) ve kimyasal gübrenin (NP) mısır bitkisinin büyümesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre sera koşullarında yürütülmüştür. Deneme; altı uygulama (gıda atığı kompostu, pancar tohumu atığı kompostu, ½ gıda atığı kompostu + ½ pancar tohumu atığı kompostu, çiftlik gübresi, 20 kg N da⁻¹ için inorganik 20-20-0 NP gübresi ve kontrolü), üç farklı doz (1, 2, 4 ton da⁻¹) ve üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Uygulamalar, kontrole göre tüm verim parametrelerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Toprak özellikleri ve besin elementleri konsantrasyonları 4 ton da⁻¹ oranında kompost uygulaması ile diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Genel olarak, ÇG ve NP uygulamaları bitki gelişim parametrelerinde daha iyi sonuçlar vermiştir. ÇG ve NP, bitki besin elementi artışı sağlanması konusunda PAK uygulamaları ve GAK+PAK karışımlarından daha uygun materyaller oldukları belirlenmiştir. Fakat tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde; GAK uygulaması ile toprak elektriksel iletkenliği (EC) ve topraktaki Na içeriğinin yükselmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte bitkilerin hem makro hem de mikro element alımında dengeli bir materyal olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, gıda atığı, kompost, toprak özellikleri, bitki gelişimi.

^A Yayın bir tezden ya da bir projeden yapılmamıştır

Etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Serhat GÜREL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye. e-posta: sgurel@uludag.edu.tr, OrcID 0000-0002-2971-8353

Effect of Food Waste and Sugar Factory Waste Composts on Soil Properties and Development of Corn (*Zea mays* L.) Plant

Abstract: In this study, it was aimed to evaluate the effects of food waste compost (FWC), sugar mill waste compost (beet seed waste compost = BSWC), farmyard manure (FYM) and inorganic fertilizer (NP) on corn plant growth. The experiment was carried out in greenhouse conditions according to the randomized plot design. Attempt; six applications (food waste compost, beet seed waste compost, ½ food waste compost + ½ beet seed waste compost, farmyard manure, for 20 kg N da⁻¹ inorganic 20-20-0 NP fertilizer and control), three different doses (1, 2, 4 t da⁻¹) and carried out in triplicate. The treatments significantly improved all yield parameters relative to the control. Soil properties and nutrient concentrations were higher with compost application at the rate of 4 t da⁻¹ compared to other applications. In general, FYM and NP applications produced superior values in plant growth parameters. It has been determined that FYM and NP are more balanced materials than BSWC applications and FWC+BSWC mixtures in terms of increasing plant nutrient elements. But when all parameters are evaluated together; It was determined that the soil electrical conductivity (EC) and the Na content in the soil did not increase with the FWC application. However, it was determined that the plants followed a balanced course in both macro and micro element intake.

Keywords: Maize, food waste, compost, soil properties, plant growth.

Giriş

Kimyasal gübrelerin aşırı ve sürekli kullanımı, toprak verimliliğini ve kalitesini düşürürken, topraktaki canlıların verimliliğini de engellemektedir (Hernandez ve ark. 2021). Ayrıca, birçok çiftçi istenen verimi elde etmede gerekli olan kimyasal gübreleri satın almak için düşük mali kaynaklara sahiptir. İthal tarımsal girdilerin yüksek maliyeti nedeniyle, yerel olarak üretilen kaliteli materyallere ihtiyaç vardır (Anwar ve ark., 2017; Thapa ve ark., 2021). Organik gübrelerin bitkilere uygulanmasının sadece verimi artırmadığı aynı zamanda çevre sorunlarının önlenmesinde de başvurulan bir yöntem olabileceği belirtilmektedir (Yusheng ve ark., 2005). Kompost çevre dostu organik girdilerden biridir (Irshad ve ark., 2014; Rahman ve Akter, 2017). Kompostların genel olarak; toprak agregasyonunu, yapısını ve verimliliğini iyileştirmek, mikrobiyal çeşitliliği ve popülasyonları artırmak, toprağın nem tutma kapasitesini iyileştirmek, toprak katyon değişim kapasitesini artırmak ve mahsul verimini yükseltmek için önemli bir materyal olduğu kabul edilmektedir (Machado ve ark., 2020; Gezahegn, 2021). Ek olarak, kompost uygulaması toprak kaynaklı hastalıklara karşı direnci teşvik edilebilir (Giménez ve ark., 2021). Kompost, bitkilerin besin ihtiyacını karşılayabilir ve sentetik gübre kullanımını önemli ölçüde azaltabilir (Jakhro ve ark., 2017). Kent çamuru ve diğer biyokatıların depolandığı yerler çevre sorunlarına neden olur ve bu sorunlardan kaçınmak için bunların kompostlanarak tarımsal olarak yeniden kullanılması şarttır (Reis ve ark., 2014). Tipik olarak kompostlaştırma için uygun olan materyaller arasında mutfak atıkları ve biyolojik olarak

parçalanabilen belediye atıkları ile kanalizasyon çamuru, tarım ve gıda işleme atıkları gibi diğer organik atıklar bulunur (Furukawa ve Hasegawa, 2006; Rahman ve Akter, 2017).

Ekonomik gelişme ve nüfus artışı, son yıllarda gıda tüketimini ve dolayısıyla mutfak atıklarının oluşumunu önemli ölçüde artırmıştır (Hafid ve ark., 2017). Mutfak atıkları genellikle diğer belediye atıklarıyla karıştırılır ve çöplüklere ulaştırılır, ancak gıda atıkları faydalı kullanım için dönüştürülebilir (Kadir ve ark., 2016; Ghinea ve Leahu, 2020). Son zamanlarda mutfak atıklarının sürdürülebilir yönetimi için değerlendirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır (Yang ve ark., 2019). Önceki laboratuvar araştırmaları, gıda bazlı kompostların, gübre bazlı kompostlara göre toprak besin içeriğini artırabildiğini göstermiştir, ancak bu faydalar, bir ürün sisteminde yeterince test edilmemiştir (Kelley ve ark., 2022).

Bu çalışmada, GAK ve PAK kompostlarının kimyasal gübre ve organik gübreye karşı mısır bitkisinin büyümesi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Kompostlaşan gıda atıkları ve pancar tohumu atıkları organik gübrelemede, kimyasal gübre malzemesi olarak ise bölgede çiftçiler tarafından uygulanan standart NP gübresi kullanılmıştır. Sera koşullarında gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, kimyasal gübre ve çiftlik gübresine karşı GAK, PAK ve GAK ile PAK kombine uygulamalarının toprak özellikleri ve mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Saksı denemesi 2022 yılı güz döneminde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi (40° 13' 36" K enlem, 28° 51' 35" D boylam) Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) arazisinden 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Denemede kullanılan toprak, toprak sınıflandırma sistemine göre Vertisol (Tipik Haploxerert) ve FAO/Unesco sınıflandırma sistemine göre Eutric Vertisol sınıfındadır (Aksoy ve ark., 2001). Nötr reaksiyonlu, tuzsuz ve kumlu killi-tın bünyeli, organik madde (OM) içeriği düşük, toplam azot (N) kapsamı bakımından düşük, alınabilir fosfor (P) ve potasyum (K) kapsamı yeterli düzeydedir (Çizelge 1).

Kompost materyallerinden biri olan şeker fabrikası atığı Konya Şeker Limited (Konya, Türkiye) şeker fabrikasından temin edilmiştir. PAK öğütme artıklarından elde edilir. Yumuşak, amorf, kahverengi, lif, pıhtılaşmış kolloidler, inorganik tuzlar içeren bir malzemedir. Yılda 200 tondan fazla atık elde edilmektedir (Aşık ve Dorak, 2018). Örnekler tesadüfi örnekleme yöntemiyle alınmıştır. PAK ile ilgili bazı özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

OM kaynağı olarak GAK; sonbahar-kış mevsiminde dört kişilik bir ailenin mutfağından çıkan meyve ve sebze atıklarının kısa sürede toplanarak karbon (C) kaynağı olarak kullanılan ince talaş ile karıştırılmasıyla elde edilmiştir. GAK, sera koşullarında basit ve küçük ölçekli bir kaptan 121 gün bekletilmesiyle gerçekleşen kompostlaştırma sürecinden sonra hazırlanmıştır (Voběrková ve ark., 2020). Araştırmada ÇG uygulaması için

TUAM besicilik biriminden temin edilen koyun gübresi kullanılmıştır. İnorganik N ve P kaynağı olarak 20-20-0 NP [% 20 (ww⁻¹) N- % 20 (ww⁻¹) P₂O₅ - % 0 (ww⁻¹) K₂O] kompoze gübre kullanılmıştır. Denemede kullanılan organik materyalleri tanımlamak için yapılan bazı temel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir. Araştırmanın bitki materyalini FAO 700 olgunlaştırma grubunda yer alan 77MAY35 çeşidi mısır (*Zea mays* L.) tohumları oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Özellik	Konsantrasyon	Miktar	Değerlendirme	Kaynak
pH (1:2.5 toprak:su)		7.48	Nötr (6.50-7.50)	Richards (1954)
EC (1:2.5 toprak:su)	mS cm ⁻¹	0.07	Tuzlu değil (0.00-4.00)	Rhoades (1982)
Kireç (CaCO ₃)	%	2.35	Çok düşük (1.00-5.00)	Ülgen ve Yurtsever (1988)
OM	%	1.29	Düşük (1.00-2.00)	Jackson (1958)
Kil	%	32.44		
Silt	%	11.84		
Kum	%	55.72		
Tekstür			Kumlu killi tın	USDA (2013)
Tarla kapasitesi	%	34.15		
Toplam N	%	0.07	Düşük (0.045-0.09)	Ülgen ve Yurtsever (1988)
Alınabilir P	mg kg ⁻¹	9.63	Orta (5-10)	Olsen ve Dean (1965)
Alınabilir K	me 100 g ⁻¹	0.39	Orta (0.39-0.51)	Pizer (1967)
Alınabilir Ca	me 100 g ⁻¹	24.13	Yüksek (17.60-50.00)	FAO (1990)
Alınabilir Mg	me 100 g ⁻¹	3.10	Yeterli (1.34-4.00)	FAO (1990)
Alınabilir Na	me 100 g ⁻¹	0.45	Sodik değil (< 30.40)	Anonim (1951)
Alınabilir Fe	mg kg ⁻¹	10.02	Yüksek (6-10)	FAO (2008)
Alınabilir Cu	mg kg ⁻¹	2.31	Yüksek (0.8-3)	FAO (2008)
Alınabilir Zn	mg kg ⁻¹	1.22	Orta (1-3)	FAO (2008)
Alınabilir Mn	mg kg ⁻¹	20.38	Çok yüksek (> 6)	FAO (2008)

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan organik materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

		mS cm ⁻¹		%						
		pH	EC	Nem	Kuru madde	Kül	Organik madde (OM)	Organik karbon (OC)	Toplam N	C/N
1	GAK	6.32	8.24	51.08	48.92	2.72	61.44	35.64	3.98	8.95
2	PAK	5.56	9.51	11.36	88.64	3.30	87.75	50.93	2.34	21.76
3	ÇG	9.08	20.90	38.13	61.87	3.74	58.03	33.66	2.69	12.51

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan organik materyallerin bazı besin elementlerinin toplam içerikleri.

		%					mg kg ⁻¹				
		P	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
1	GAK	0.77	1.33	4.24	0.24	1.02	52.4	33.0	124.0	255.0	98.8
2	PAK	0.10	2.65	0.29	1.34	0.43	317.5	14.3	30.2	85.9	-
3	ÇG	0.30	5.17	9.05	0.92	1.44	83.4	22.0	50.0	422.0	70.7

Yöntem

Denemenin kurulması

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre (toplam 36 saksı) 3 tekerrürlü sera denemesi şeklinde yürütülmüştür. Denemede iki kompost materyali (GAK ve PAK), bir kimyasal gübre (20-20-0, N-P-K) ve bir organik gübre (ÇG) kullanılmıştır. Toprağa karıştırılacak oranlar belirlenirken 1 dekara (da) toprağa 1 ton organik madde ilavesi dikkate alınmıştır. Bir da alanda ve 20 cm toprak derinliğinde yaklaşık 250.000 kg toprak olduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılmış ve dozlar belirlenmiştir. Toprak ve kompost malzemeleri ayrı ayrı 4 mm'lik elekten elenerek belirlenen oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanan ortamlar, her uygulama için gruplandırılmış 5.5 litre'lik polietilen saksılara (çap: 21 cm; yükseklik: 16 cm) doldurulmuştur. Saksı başına 2.5 kg toprak terazi ile tartılmıştır. Kimyasal gübre uygulaması yapılan gruptaki saksılara 20 kg N da⁻¹ dozu hesaplanmış ve 20-20-0 N-P₂O₅-K₂O kompoze gübresi uygulanmıştır. Denemede kullanılan olgunlaştırılmış ÇG, TUAM'ın koyun ahırlarından temin edilmiştir. ÇG uygulaması yapılan gruptaki saksılara 1 ton ÇG da⁻¹ dozu hesaplanmış ve ilgili saksılara uygulanmıştır. Ardından kompostlar belirlenen oranlarda ayrı ayrı hazırlanarak saksılara doldurulmuştur. Denemede dekara 1-2-4 ton GAK, dekara 1-2-4 ton PAK ve dekara 1-2-4 ton GAK+PAK (1/2 GAK+1/2 PAK) uygulamaları yapılmıştır. Kontrol saksılara herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Böylece ekimden önce tüm gübreleme işlemleri tamamlanmıştır. Topraklar sera koşullarında 20 gün tarla kapasitesinde bekletilmiştir (Gülser ve ark., 2010). Daha sonra saksı başına 5 adet mısır tohumu aralıklarla 3-4 cm derinlikte toprağa ekilmiştir. En iyi çıkış ve çimlenme gösteren 2 bitki saksılarda bırakılarak seyreltilmiştir. Denemenin tüm dikim işlemleri bir günde tamamlanmıştır. Deneme sonuna kadar saksılarda yabancı ot kontrolü yapılmıştır. Deneme süresince saksılar tarla kapasitesinin % 40'ı kadar saf su ile sulanmıştır. Deneme 90 gün sonra hasat edilmiştir. Deneme planı Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Deneme planı

K :	Kontrol (0 N)
ÇG :	Çiftlik gübresi (1 t da ⁻¹)
NP :	20-20-0 kimyasal gübre (20 kg N da ⁻¹)
G1 :	1 t da ⁻¹ Gıda atığı kompostu (GAK)
G2 :	2 t da ⁻¹ Gıda atığı kompostu (GAK)
G4 :	4 t da ⁻¹ Gıda atığı kompostu (GAK)
P1 :	1 t da ⁻¹ Pancar tohumu atığı kompostu (PAK)
P2 :	2 t da ⁻¹ Pancar tohumu atığı kompostu (PAK)
P4 :	4 t da ⁻¹ Pancar tohumu atığı kompostu (PAK)
(G+P) 1 :	½ GAK + ½ PAK (1 t da ⁻¹)
(G+P) 2 :	½ GAK + ½ PAK (2 t da ⁻¹)
(G+P) 4 :	½ GAK + ½ PAK (4 t da ⁻¹)

Analiz Yöntemleri

Bitkiler hasat edilmeden önce her bitkinin yaprak rengi portatif klorofil ölçer (Konica Minolta Spad-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japonya) ile belirlenmiş ve bağlı klorofil içeriği (SPAD indeksi) olarak verilmiştir. Bitkilerin hasat işlemi, kök boğazından kesilerek gerçekleştirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Hasat edilen bitkilerin boyu ve yaprak uzunlukları bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Bu ölçümden sonra bitkilerin taze ağırlıkları 0.01 g hasasiyetli analitik terazide belirlenmiştir. Bitkiler önce musluk suyu, 0.01 M hidroklorik asit (HCl, % 37) çözeltisi ve ardından distile su ile yıkanmıştır. Yaprak örnekleri 65°C'de 48 saat süreyle etüvde kurutulmuştur (Kacar ve İnal, 2008). Kuru ağırlıklar da bitkiler kurutulduktan sonra alınmıştır. Bitki örnekleri paslanmaz çelik değirmende 0.5 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüştür (Kacar ve İnal, 2008). Bitki örnekleri kapalı basınçlı kaplarda 2 mL hidrojen peroksit (H₂O₂, %30) ve 8 mL nitrik asit (HNO₃, % 65) ile mikrodalga fırında parçalanmıştır (Anonim, 1994a). Bitki örnekleri toplam element analizi için, yüksek sıcaklık ve basınçta mikrodalga fırında yaş yakma yöntemine göre yakılmıştır (Berghof speedwave MWS-2). Bitki süzüklerinde toplam demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) ve magnezyum (Mg) içerikleri, endüktif olarak eşleştirilmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 8300) ile belirlenmiştir. Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirilen Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Toplam P, vanado molibdo fosforik asit yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Toplam K, Ca ve Na, alev fotometresi ile Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir (Eppendorf Elex 6361).

Deneme toprağının özelliklerini belirlemek için hasat sonrası saksılardan alınan toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra 2 mm elekten elenmiştir. Toprak bünyesi, hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951) ile ve ABD Tarım Bakanlığı toprak taksonomisi (USDA, 2013) kullanılarak, tarla kapasitesi ise Tan (2005)'e göre dereceli silindir yöntemine göre belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) ve EC, 1:2.5 toprak/su karışımında ölçülmüştür (Jackson, 1958). Toprak organik karbonu (OC), Walkley-Black (1934)'in oksidasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Alınabilir katyonlar Ca, Mg ve K, pH 7.0'da 1 M amonyum asetat (NH₄OAc) ile ekstraksiyondan sonra belirlenmiştir (Kacar, 2009). Alınabilir Ca ve K, alev fotometresi (Eppendorf Elex 6361) ile, alınabilir Mg ise ICP-OES, Perkin Elmer Optima 8300 ile belirlenmiştir. Alınabilir P, topraklar 0.5 M sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ile pH 8.5'te ekstrakte edildi (Olsen ve Dean, 1965) ve askorbik asit ile mavi renk oluştuktan sonra konsantrasyon kolorimetrik yöntemle spektrofotometre ile belirlendi. Toprakların alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri 0,005 M dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) özütleyici ile ekstrakte edildi (Lindsay ve Norvell, 1978). Konsantrasyon, PE Optima 8300 ICP-OES ile belirlendi. Bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

GAK ve PAK'nin bazı özellikleri olgunlaşmadan sonra belirlendi. Numuneler 65°C'de 48 saat fırında kurutuldu (Kacar ve Kütük, 2010). Kompostlar kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları da alınmıştır. Kompost numuneleri 0.5 mm elekten geçmesi için paslanmaz çelik değirmende öğütüldü (Kacar ve Kütük, 2010). GAK numuneleri, bir mikrodalga fırında kapalı basınçlı kaplarda 2 mL hidrojen peroksit (H₂O₂, % 30) ve 8 mL HNO₃ ile yaş yakıldı (Anonim, 1994a). Hümik asit ve hümik madde Swift ve ark. (1996), pH ve EC, sırasıyla WTW 3110 pH metre ve WTW 3310 EC metre kullanılarak 1:10 (w/v) kompost-su karışımında belirlenmiştir (Kacar

ve Kütük, 2010). Organik karbon miktarı modifiye Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Ayrıca organik karbon miktarı Van Bemmelen faktörü ile çarpılarak organik madde içeriği belirlendi (Kacar ve Kütük 2010). Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirildiği gibi Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Toplam P içeriği, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometre (Bausch&Lomb marka Spectronic 20) kullanılarak belirlendi (Kacar ve İnal, 2008). GAK numunelerinin toplam Na, K ve Ca miktarları kuru yakma yöntemine göre yakılarak alevfotometre (Eppendorf Elex 6361) cihazı ile belirlenmiştir. Toplam Mg Perkin Elmer Optima 2100 model ICP-OES cihazı ile belirlendi (Pratt, 1965). GAK numunelerinin Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri ICP-OES (Perkin Elmer Optima 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

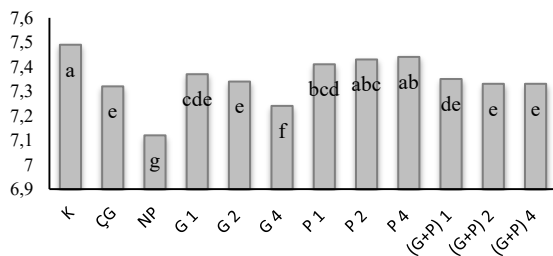
Araştırma sonunda elde edilen veriler JUMP paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel olarak anlamlı sonuçlarda uygulamalar arasındaki farklar belirlenmiştir (Anonim, 2005).

Bulgular ve Tartışma

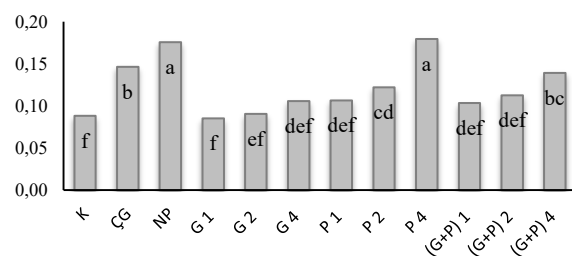
Toprak özellikleri üzerine etkileri

Toprak reaksiyonu (pH)

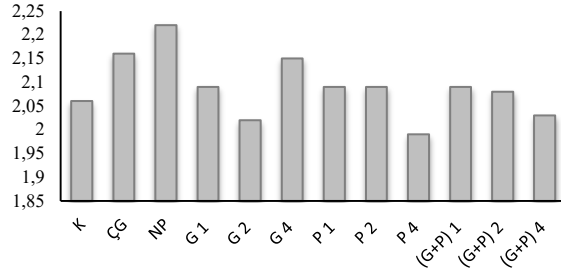
En yüksek toprak pH değeri 7.49 ile kontrolde kaydedilmiştir. NP uygulamasında en düşük toprak pH değeri 7.12 olarak belirlenmiştir. Tüm uygulamaların kontrole göre toprağın pH değerini azalttığı kaydedilirken uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Şekil 1). Kompost uygulamaları arasında özellikle G4 uygulaması en etkili olanıdır. Ayrıca GAK oranlarındaki artışla birlikte pH değerleri düşmüştür. Buna karşılık, PAK oranlarındaki artışla birlikte pH değeri artmıştır. Bunun dışında ÇG ve G+P karışımlarının da pH düşürücü etkisi olmuştur. Mahmood ve ark. (2017), organik gübre uygulamasının toprak pH'ını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Gübre ve kompost uygulamalarının kalıntı etkilerinin toprak pH seviyelerini önemli ölçüde artırdığı bildirilmektedir (Egball ve ark., 2004).



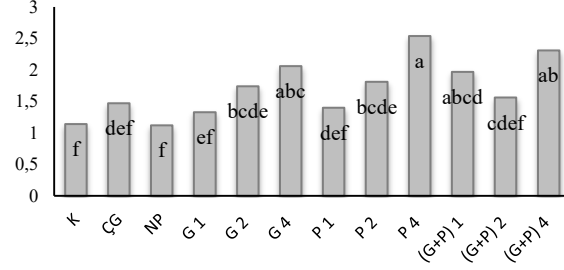
Şekil 1. Toprak pH, $p < 0.01$ (**)



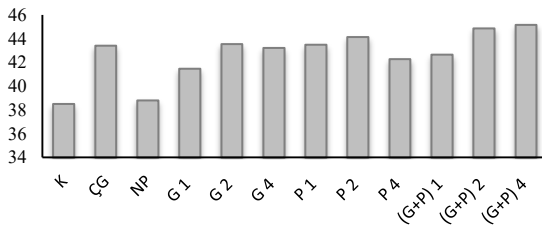
Şekil 2. Toprak EC ($mS cm^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



Şekil 3. Toprak CaCO₃ (%), $p=0.199$ (ö.d.)



Şekil 4. Toprak OM (%), $p<0.05$ (*)



Şekil 5. Toprak KDK'sı (cmol kg⁻¹), $p=2.311$ (ö.d.)

Toprak tuzluluğu (EC)

Çözünür tuzlar, komposttaki Ca, K, Mg ve Na gibi çözünür iyonları ifade eder ve elektriksel iletkenlik (EC) yoluyla dolaylı ve kümülatif olarak ölçülür (Gondek ve ark., 2020). Şekil 2'deki veriler, gübre ve yüksek doz kompost uygulamalarının toprağın EC değerlerini kontrole göre arttırdığını göstermiştir. Bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Toprağın en yüksek EC değerleri NP ve PAK uygulamaları ile elde edilmiştir. En az EC artışı GAK uygulamalarında meydana gelmiştir. Eghball ve ark. (2004), gübre ve kompost uygulamalarının bakiye etkilerinin toprak EC seviyelerini önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. $EC>5$ dS m⁻¹'ye sahip bir kompost, yüksek Na ve Cl iyon konsantrasyonlarının sonucu olarak bitkilere zarar verir. Bu nedenle kompostlarda çözünebilir tuzların, özellikle Na ve Cl'nin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Kompostta bulunan diğer çözünür tuzlar toprak sodalılığının azaltılmasına yardımcı olabilir (Gondek ve ark., 2020).

Toprağın kalsiyum karbonat içeriği

Araştırmada kullanılan toprak, kireçsiz ve nötr reaksiyonludur (Çizelge 1). Gübre ve kompost uygulamalarının toprağın % CaCO₃ değerlerini etkilemediği belirlenmiştir (Şekil 3). Düşük reaksiyonlu ve kireç içeriği az olan topraklarda kompost ve kireç uygulamalarının toprakta Ca ve P'un alınabilirliğini artırdığını, Al toksiditesini önlediğini, toprak asitliğini düzenlediği ve ürün verimini artırdığı bildirilmiştir (Özdemir ve ark., 2005; Belew, 2022).

Toprağın organik madde içeriği

P4, (G+P)4 ve G4 konuları, kontrole kıyasla toprağın OM içeriğini iki katına çıkarmıştır (Şekil 4). Bu artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$). Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazilerle karşılaştırıldığında organik gübre alan arazilerde organik karbonun % 11–20 arttığını bildirmiştir. Mahmood ve ark. (2017), organik gübre uygulamasının toprak organik karbonunu arttırdığını bildirmiştir. Reynolds ve ark. (2015), GAK ilavesinden sonra, organik karbon miktarının kontrol değerlerinden % 65 oranında yüksek olduğunu belirlemiştir.

Toprağın katyon değişim kapasitesi

Kompost uygulamaları, kontrole göre toprağın KDK değerlerini artırmıştır. Ancak bu artışta anlamlı bir etki ortaya çıkmamıştır (Şekil 5). Sigaye ve ark. (2021), organik ve kimyasal gübrenin birlikte uygulanmasının toprağın KDK durumu üzerinde önemli ölçüde olumlu etkilere sahip olduğunu bildirmiştir. Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazileriyle karşılaştırıldığında organik gübre ile gübrelenen arazilerde KDK'nın % 4–8 arttığını bildirmiştir.

Bitki özellikleri üzerine etkisi

Yaprakların bağıl klorofil içeriği

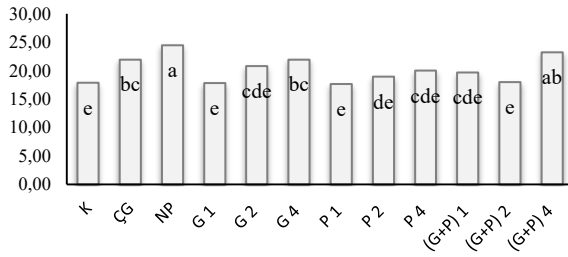
Yaprakların denemede hasattan önce klorofilmetre ile ölçülen SPAD indeksi değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Mısır bitkilerinde yaprak N düzeyi ile SPAD indeksi arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Argenta ve ark., 2004). Organik ve kimyasal gübre ilavesi mısır bitkisinin SPAD değerlerini arttırmış ve bu artışın istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. En yüksek SPAD değeri NP (kontrolden % 36.91 daha yüksek) uygulamasından elde edilmiştir. Kompost uygulamalarından (G+P)4 uygulaması mısır bitkisinin SPAD değerlerini kontrole göre % 30.01 artırmıştır. Ayrıca G4 uygulaması, kontrole kıyasla % 22.92'lik bir artış göstermiştir. Klorofilin GAK kullanımıyla arttığı bildirilmektedir (Abdullah ve ark., 2020).

Bitki boyu

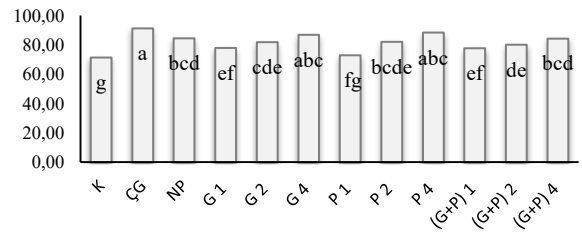
Bitki boyu, bitki büyümesini belirlemeye yardımcı olan önemli bir bileşendir (Sanni, 2016). Uygulanan ÇG, NP gübresi ve kompostların, sera koşullarında yetiştirilen mısırın bitki uzunluğuna etkisi Şekil 7'de verilmiştir. En uzun bitki boyu ÇG uygulaması ile elde edilmiştir (kontrolden % 28 daha yüksek). B4 uygulaması bitki boyunu kontrole göre % 23.8 daha fazla artırmıştır. Ayrıca G4 uygulaması kontrole göre bitki boyunda % 21.62 artış göstermiştir. Mısırın bitki uzunluğu kompost, ÇG ve NP gübresi uygulamalarından önemli ölçüde ($p<0.01$) etkilenmiştir (Şekil 7). Sonuçlar Ahmad ve ark. (2006) ve Bashir ve ark. (2022) ile uyumludur.

Bitki ağırlığı

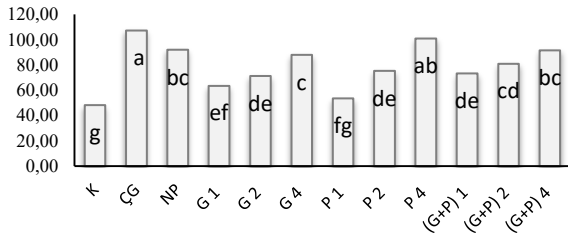
Mısırın taze ağırlığı, kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı artan dozlarda kompost uygulamasıyla artmıştır (Şekil 8, 9 ve 10). Bu artış istatistiksel olarak % 1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ancak en yüksek taze ağırlık ve kuru ağırlık değerleri ÇG uygulamasından elde edilmiştir. ÇG uygulaması, kontrole kıyasla mısır bitkisinin taze ağırlığını 2.2 kat ve kuru ağırlığını 2.8 kat artırdı. ÇG uygulamasının sonuçlarını P4 uygulaması takip etti. NP, (G+P)4 ve G4 uygulaması yakın bir artış sağlamıştır. Buna paralel olarak mısır bitkisinin hem kuru ağırlığında hem de kök kuru ağırlığında benzer sonuçlar bulunmuştur. Kompost uygulanması, mısırın tüm verim parametrelerini önemli ölçüde artırmıştır (Ahmad ve ark., 2006; Ali ve ark., 2015; Yağmur ve Okur, 2018; Bhatti ve ark., 2021).



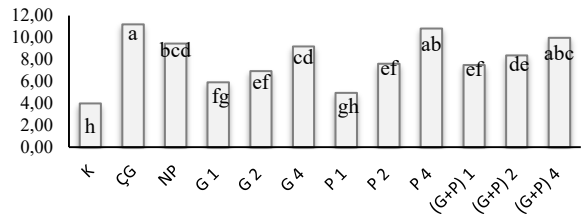
Şekil 6. Yaprakların SPAD değeri, $p < 0.01$ (**)



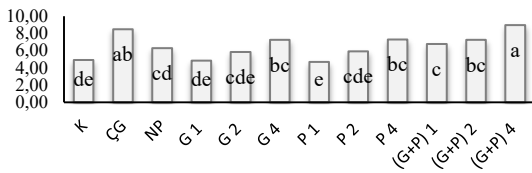
Şekil 7. Bitki boyu (cm), $p < 0.01$ (**)



Şekil 8. Bitki taze ağırlığı (g), $p < 0.01$ (**)



Şekil 9. Bitki kuru ağırlığı (g), $p < 0.01$ (**)



Şekil 10. Bitki kök kuru ağırlığı (g), $p < 0.01$ (**)

Besin elementleri üzerine etkisi

Azot

P4, G4 ve (G+P) 4 uygulamaları ile topraktaki toplam N'nin kontrole göre 1.75 kat arttığı belirlenmiştir (Şekil 11). Aynı uygulamalar mısır bitkisindeki toplam N konsantrasyonlarını da kontrole kıyasla % 21-30 oranında artırmıştır (Şekil 12). Bu artışların her ikisi de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.01$). Bazı yeni çalışmalar, organik gübre uygulamasının toprak ve bitkideki toplam N konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmiştir (Souza ve ark., 2016; Mahmood ve ark., 2017; Bhatti ve ark., 2021). Oliveira ve ark. (2011), düşük C/N oranına sahip organik kompostun hızlı mineralizasyonunun denitrifikasyonla sonuçlanabileceğini ve bu özellikteki kompostun daha yüksek miktarlarda uygulanmasının yıkanma yoluyla N kaybını artırabileceğini bildirmiştir. Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının toplam N içeriğinin % 1.65-2.11 arasında artırdığını bildirmiştir.

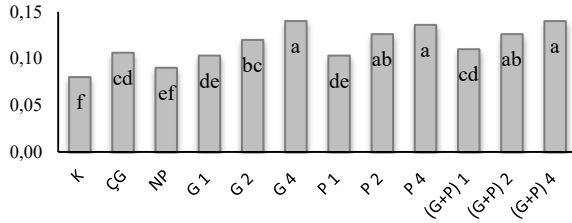
Fosfor

Toprakta en yüksek alınabilir P konsantrasyonu, kontrole göre 3.9 kat artışla P4 uygulaması ile elde edilmiştir (Şekil 13). Topraktaki alınabilir P'yi artıran diğer uygulama konuları ÇG ve NP uygulamalarıdır. ÇG ve NP, kontrole kıyasla sırasıyla 2.9 kat ve 3.6 kat oranında alınabilir P konsantrasyonunu artırır. Mısırdaki toplam P konsantrasyonu incelendiğinde sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. En yüksek toplam P konsantrasyonu P1 (% 40) uygulamasıyla elde edilmiştir (Şekil 14). Kompost ve organik gübre uygulamasının topraktaki P'yi iyileştirdiği bildirilmiştir (Souza ve ark., 2016; Mahmood ve ark., 2017). Bhatti ve ark. (2021), organik madde uygulamaları sonucunda mısır dokularında P konsantrasyonunda artış belirlemiştir. Galvão ve Salcedo (2009), kompost ilavesinin toprakta P'un artışı üzerindeki etkisinin organik gübredeki P konsantrasyonuna bağlı olduğunu bildirdirmişlerdir. Eghball ve ark. (2004), topraktaki P'nin; N'li gübre veya kompost uygulamasının sona ermesinden 4 yıldan fazla bir süre boyunca mahsulün P alımına katkıda bulunabileceğini bildirdi. Ayrıca kompostun toplam P'si 2000 mg kg⁻¹'den az olduğunda, P'nin toprak çözeltisinde immobilizasyonu, organik P'nin mineralizasyonundan daha fazla olmasına neden olacağını bildirmişlerdir (Eghball ve ark., 2004).

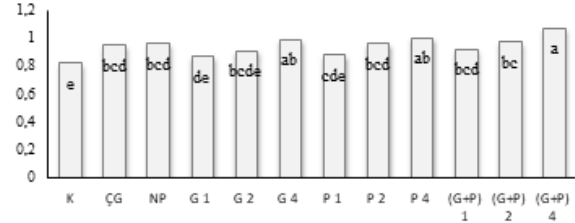
Potasyum

ÇG ve PAK uygulamaları, topraktaki alınabilir K konsantrasyonlarını kontrol saksılarına göre önemli ölçüde ($p < 0.01$) artırmıştır (Şekil 15). Toprakta bulunan en yüksek alınabilir K konsantrasyonu P4 ile elde edilmiştir (2.9 kat kontrolden daha yüksek). Bunu sırasıyla ÇG (2.4 kat kontrolden daha yüksek) ve (G+P) 4 karışımı (2.2 kat kontrolden daha yüksek) izlemektedir (Şekil 15). Mısır dokularındaki toplam K konsantrasyonları gübre uygulamaları ile artmamıştır (Şekil 16). Mısırdaki en yüksek toplam K konsantrasyonu P1 uygulaması ile elde edilmiştir (kontrolden % 16.56 daha yüksek). Öte yandan, (G+P) 4, kontrolden % 7.64 daha yüksek toplam K

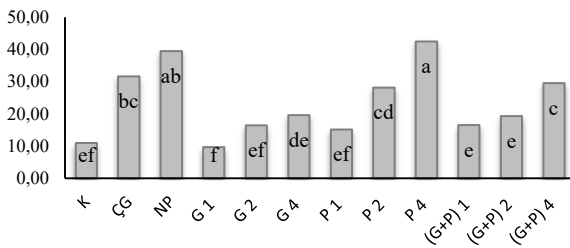
sağlamıştır. G1 uygulamasına ait toprakta alınabilir K düşük seviyede tespit edilmesine rağmen, aynı uygulamanın mısır dokularındaki toplam K konsantrasyonunda %5 artış sağlamıştır (Şekil 16). Bu durum, K'nin büyük bir kısmının GAK'de alınabilir formda bulunmasıyla ilgili olabilir (Ernani ve ark., 2007).



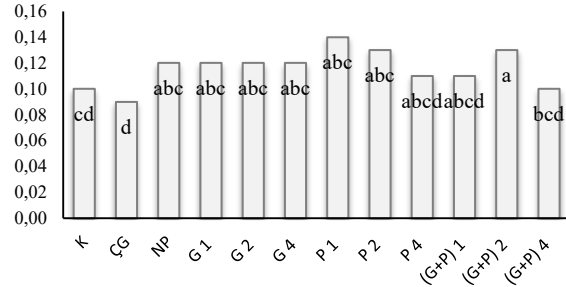
Şekil 11. Toprak toplam N (%), $p < 0.01$ (**)



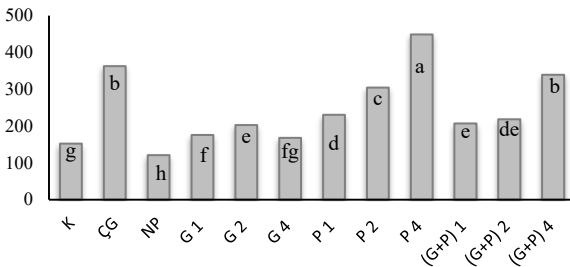
Şekil 12. Bitki toplam N (%), $p < 0.05$ (*)



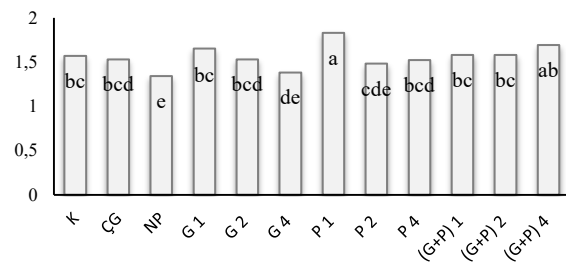
Şekil 13. Toprak alınabilir P (mg kg^{-1}), $p < 0.01$ (**)



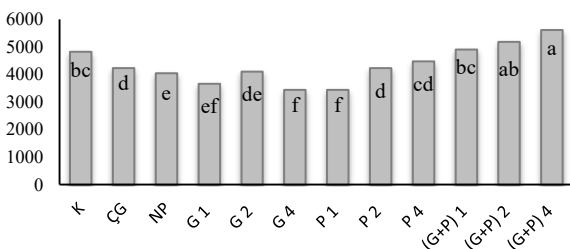
Şekil 14. Bitki toplam P (%), $p = 0.058$ (ö.d.)



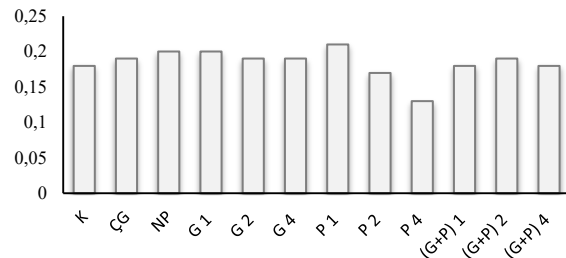
Şekil 15. Toprak alınabilir K (mg kg^{-1}), $p < 0.01$ (**)



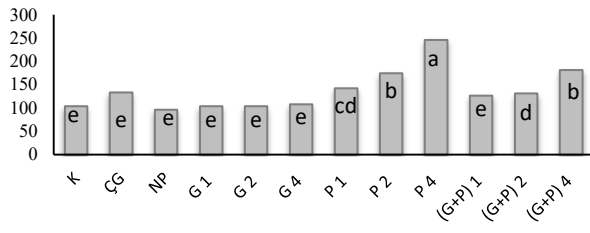
Şekil 16. Bitki toplam K (%), $p < 0.05$ (*)



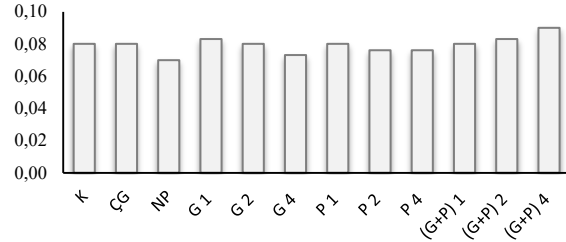
Şekil 17. Toprak alınabilir Ca (mg kg^{-1}), $p < 0.01$ (**)



Şekil 18. Bitki toplam Ca (%), $p = 0.106$ (ö.d.)



Şekil 19. Toprak alınabilir Na ($mg\ kg^{-1}$), $p<0.01(**)$



Şekil 20. Bitki toplam Na (%), $p=0.236$ (ö.d.)

Mahmood ve ark. (2017), organik gübre uygulamasının topraktaki K konsantrasyonunu iyileştirdiğini bildirmiştir. Organik materyallerin mısır büyümesi üzerinde olumlu etkide bulunduğu, bitki dokularınca yüksek konsantrasyonda N, P ve K alındığı bildirilmiştir (Adediran ve ark., 2005; Aziz ve ark., 2010; Bhatti ve ark., 2021). Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının toplam K içeriklerini % 2.79-3.25 arasında değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Kalsiyum

Gübre ve kompost uygulamalarının topraktaki alınabilir Ca konsantrasyonları incelendiğinde (G+P)4 uygulaması Ca konsantrasyonlarını 1.16 kat artırdığı belirlenmiş, bu artış istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Şekil 17). Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazilerle karşılaştırıldığında organik gübre ile gübrelenen arazilerde Ca'un % 26–96 arttığını bildirmiştir. Bitkilerin toplam Ca konsantrasyonları incelendiğinde, gübre veya kompost uygulamalarının bitkinin toplam Ca konsantrasyonunu artırmadığı belirlenmiştir (Şekil 18). Bitki Ca içeriğinde önemli bir fark belirlenmemiştir. Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamaları ile mısır bitkisi yaprağının toplam Ca içeriğinin % 0.52-0.71 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sodyum

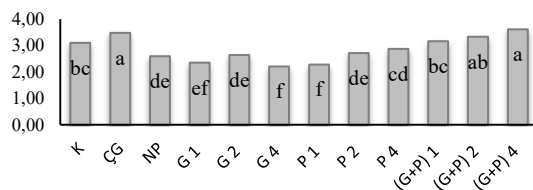
Topraktaki PAK uygulamaları, alınabilir Na içeriklerini 1.4-2.4 kat artırmıştır. Bu artış istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Şekil 19). Öte yandan, GAK uygulamaları alınabilir Na konsantrasyonunda hiçbir artışa neden olmamıştır (Şekil 19). Bitkinin toplam Na içeriği üzerine uygulamaların etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Şekil 20). Aydeniz (1985), mısır bitkisi için toprakta 500 – 2000 $mg\ Na\ kg^{-1}$ dozlarda alınabilir Na konsantrasyonunun ürün miktarını hızla azalttığını bildirmiştir. Toprakların alınabilir Na konsantrasyonları değerlendirildiğinde, bu değerlerin altında olduğu görülmektedir. Souza ve ark. (2016), tarlada olası bir sodalılık artışından kaçınmak için PAK uygulamasının gözetimi altında tutulması gerektiğini bildirmiştir.

Magnezyum

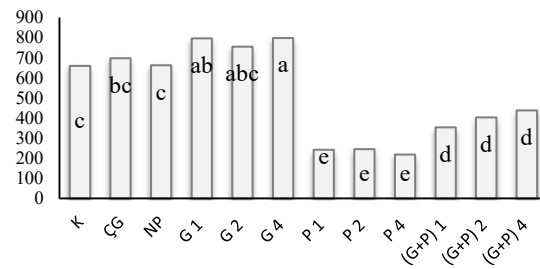
Toprakta alınabilir Mg içeriği, en fazla GAK+PAK karışımlarının 4 ton da^{-1} uygulanmasıyla elde edilmiştir (%16 kontrolden daha yüksek) (Şekil 21). Bunun dışında ÇG uygulanan saksıların alınabilir Mg içeriği de kontrole göre % 12 oranında daha yüksek bulunmuştur. Diğer uygulamalarda topraktaki alınabilir Mg konsantrasyonu daha düşük çıkmıştır. Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazilerle karşılaştırıldığında organik gübre uygulanan arazilerde Mg'un % 6–19 arttığını bildirmiştir. Bitkilerin toplam Mg içerikleri incelendiğinde, GAK uygulamalarının toplam Mg konsantrasyonunu % 14.5-21.1 oranları arasında artırdığı belirlenmiştir (Şekil 22). PAK uygulanan bitki dokularının toplam Mg konsantrasyonlarının önemli ölçüde azaldığı belirlendi ve Mg analizi sonuçları önemli farklılıklar ($p < 0.01$) ortaya çıkardı.

Demir

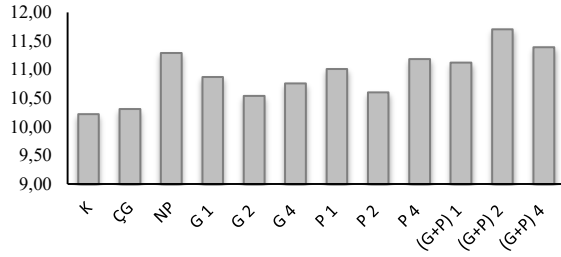
Kompost ve NP uygulamalarının, toprakların alınabilir Fe içeriklerini artırdığı belirlenmiştir. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 23). Mısır bitkilerinin toplam Fe konsantrasyonları üzerine kompost uygulamalarının etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 24). Mısır bitkisinde en yüksek toplam Fe konsantrasyonu G4 uygulaması ile elde edilmiştir (kontrolden 1.5 kat daha yüksek). PAK uygulanan mısır bitkisi dokularındaki toplam Fe konsantrasyonunun kontrole göre düşük konsantrasyonda olduğu belirlendi. Souza ve ark. (2016), kimyasal gübrelemenin organik gübrelemeden daha yüksek Fe konsantrasyon değerlerine yol açtığını bildirmiştir. Chung ve Choi (2006), kompost uygulaması, nispeten düşük seviyelerde mikro besin içeren topraklarda bile mahsul üretimi için gerekli miktarda Cu, Fe, Mn ve Zn sağlayabileceğini bildirmişlerdir.



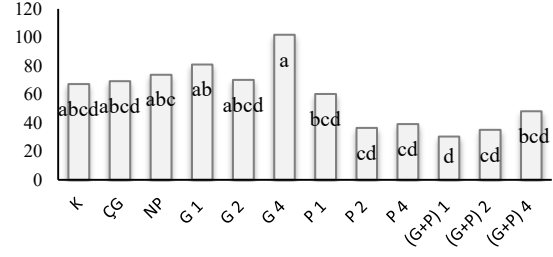
Şekil 21. Toprak alınabilir Mg ($me\ 100g^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



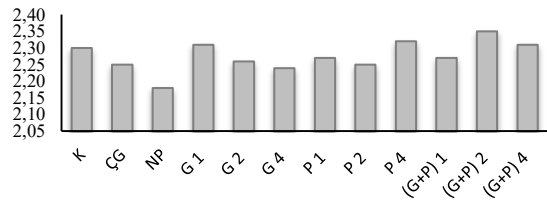
Şekil 22. Bitki toplam Mg ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



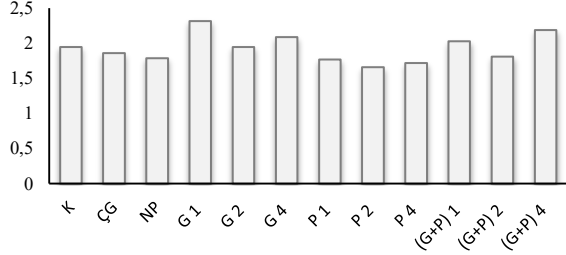
Şekil 23. Toprak alınabilir Fe ($mg\ kg^{-1}$), $p=0.38$ (ö.d.)



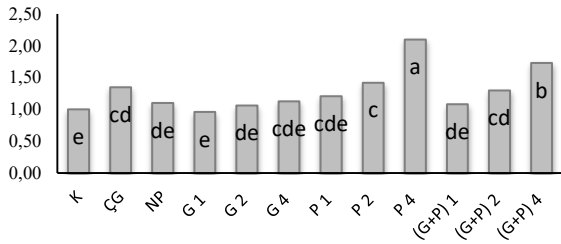
Şekil 24. Bitki toplam Fe ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.05$ (*)



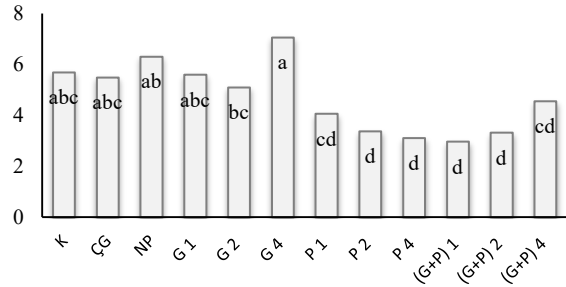
Şekil 25. Toprak alınabilir Cu ($mg\ kg^{-1}$), $p=0.97$ (ö.d.)



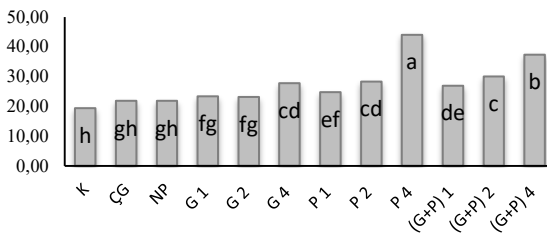
Şekil 26. Bitki toplam Cu ($mg\ kg^{-1}$), $p=0.259$ (ö.d.)



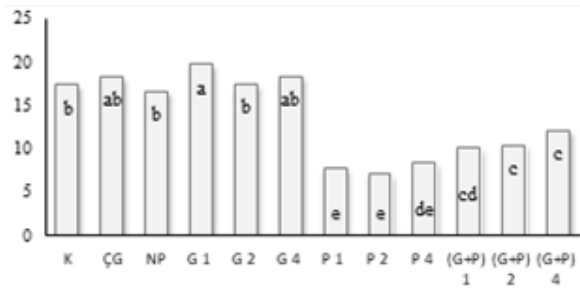
Şekil 27. Toprak alınabilir Zn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



Şekil 28. Bitki toplam Zn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.05$ (*)



Şekil 29. Toprak alınabilir Mn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



Şekil 30. Bitki toplam Mn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)

Bakır

En yüksek alınabilir Cu, (G+P)2 karışımı uygulaması yapılan toprakta elde edilmiştir (Şekil 25). GAK mısır bitkisinde etkili olmuştur. Bitkide en yüksek toplam Cu konsantrasyonu G1 uygulaması ile elde edilmiştir (% 19 kontrolden daha yüksek). Mısır bitkisinin toplam Mn içeriğinin PAK uygulamalarında azaldığı belirlenmiştir

(Şekil 26). Iglesias-Jiménez (1996), şehir çöp kompostunun bitki dokularındaki Cu konsantrasyonlarını % 13 oranında artırdığını bildirmiştir. Chung ve Choi (2006), kompostların, yeterli mikro besin kaynağı ile mahsul üretimi için toprak düzenleyici olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisinde yaprağın toplam Cu içeriğini 11.26-17.34 mg kg⁻¹ arasında belirlediklerini bildirmişlerdir.

Çinko

Uygulamalar, hem toprakta ($p < 0.01$) hem de mısır bitkisinin dokularında ($p < 0.05$) Zn konsantrasyonlarında önemli farklılıklar ortaya çıkarmıştır. Toprakta en yüksek alınabilir Zn konsantrasyonu P4 ile elde edilmiştir. (G+P)4 karışımı da alınabilir Zn konsantrasyonuna etkili olmuştur (Şekil 27). GAK mısır bitkisi dokularında Zn konsantrasyonunun % 24 oranında artmasında etkili olmuştur. En yüksek Zn konsantrasyonu G4 ile elde edilmiştir (Şekil 28). NP'nın de bitkideki Zn konsantrasyonunu kontrole göre % 11 oranında artış gerçekleştirmiştir. Mısır bitkisinin toplam Zn konsantrasyonunun PAK uygulamalarında önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Iglesias-Jiménez (1996), şehir çöp kompostunun bitki dokularındaki Zn konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Masowa ve ark. (2016), kompostların özellikle besin maddelerinin genellikle yetersiz olduğu bildirilen kumlu topraklarda, mısır üretimi için potansiyel olarak iyi Zn kaynağı olabileceğini bildirmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018) ise kompost ve ahır gübresi uygulamaları ile mısır bitkisi yaprağının toplam Zn içeriklerinin 11.15-14.70 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Mangan

Kompost uygulamaların tamamında alınabilir Mn konsantrasyonlarını artırmıştır (Şekil 29). En yüksek alınabilir Mn, P4 uygulaması yapılan toprakta elde edilmiştir (Şekil 29). GAK mısır bitkisi dokularındaki Mn konsantrasyonunu artırmada etkili olmuştur. En yüksek toplam Mn konsantrasyonu G4 uygulaması ile elde edilmiştir. Mısır bitkisinin toplam Mn içeriğinin PAK uygulamalarında önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir (Şekil 30). Iglesias-Jiménez (1996), şehir çöp kompostunun bitki dokularındaki Mn konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığını bildirdi. Chung ve Choi (2006), kompost uygulaması, nispeten düşük seviyelerde mikro besin içeren topraklarda bile mahsul üretimi için gerekli miktarda Mn sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Bu çalışmada; GAK, endüstriyel atık kompostu (PAK) ve bu kompostların karışımı, ayrıca bir ÇG ve inorganik NP gübresi kullanımının mısırın beslenme durumu üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu maddelerin etkilerinin, hiç uygulanmayan bitkilerden farklı olduğu ve daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. GAK'nin elementleri bitkiler için daha hazır halde bulundurduğu ve bitkilerin besin elementi içeriklerini artırdığı açıkça anlaşılmaktadır. Mısır bitkisi parametreleri, toprak özellikleri ve besin elementleri

konsantrasyonları 4 t da⁻¹ oranında kompost uygulaması ile diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Hem sürdürülebilir toprak yönetimi hem de bitki besin maddelerinin dengeli alımı ve mevcudiyeti dikkate alındığında, toprak ve bitki sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, GAK ve GAK+PAK karışımları uygun materyallerdir.

Teşekkür

Bu makalede araştırma ve yayın etiği kurallarına uyulmaktadır. Bu makalede etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır. Bu çalışma, herhangi bir fon tarafından desteklenen projenin bir parçası değildir.

Kaynaklar

- Abdullah, R., Osman, N., Yusoff, S., Mohd Yusof, H., Abdul Halim, N. S., ve Mohd Rosli, N. S. 2020. Effects of Palm Kernel Biochar and Food Waste Compost on the Growth of Palm Lily (*Cordyline Fruticosa*), Coleus (*Coleus Sp.*), and Boat Lily (*Rhoeo Discolor*). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19 (1): 205-218. Doi: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1901_205218
- Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M.O., Sobulo, R. A., ve Idowu, O. J. 2005. Application of Organic and Inorganic Fertilizer for Sustainable Maize and Cowpea Yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27(7):1163-1181, Doi: 10.1081/PLN-120038542
- Ahmad, R., Naseer, A., Zahir, Z. A., Arshad, M., Sultan, T., ve Ullah, M. A. 2006. Integrated use of recycled organic waste and chemical fertilizers for improving maize yield. *International Journal of Agriculture and Biology, (J. Agri. Biol.)* 8(6): 840-843.
- Aksoy, E., Dirim, M.S., Tümsavaş, Z, ve Özsoy, G. 2001. Formation of Uludag University Campus Area Soils, Important Physical, Chemical Properties and Classification. Research Fund of the University of Uludag, Project No:98/32, Bursa, Turkey, 118p.
- Ali, S., Uddin, S., Ullah, O., Shah, S., Din, S., ve Ali, T. 2015. Yield and yield components of maize response to compost and fertilizer-nitrogen. *Food Science and Quality Management*. 38: 39-44. ISSN 2225-0557 (Online)
- Anonim. 1951. Soil survey manual. U.S. Department of Agriculture. Handbook No:18, U.S. Gout Print Office, Washington D.C., 209 p.
- Anonim. 1994 a. Method EPA 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Government Printing Office, Washington D.C, p. 1-14
- Anonim. 1994 b. Diseases and Pests of Vegetable Crops in Canada. 1994. *Canadian Phytopathological Society and Entomological Society of Canada*. pp 50 - 60 and pp 407-409.
- Anonim. 2005. Jmp 9.0 jump statistical software. Erişim adresi: <https://www.jmp.com/>

- Anwar, Z., Irshad, M., Mahmood, Q., Hafeez, F., ve Bilal, M. 2017. Nutrient uptake and growth of spinach as affected by cow manure co-composted with poplar leaf litter. *Int J Recycl Org Waste Agricult*, 6:79–88.
- Argenta, G., Silva, P.R.F., Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *Ciência Rural*, 34(5):1379- 1387.
- Aşık, B. B., ve Dorak, S. 2018. Agricultural characteristics of sugar factory waste products. *Agricultural Science and Technology*, 10(3): 257-261. Doi: 10.15547/ast.2018.03.049
- Aydeniz, A. 1985. Toprağa katılan değişik oranlardaki Na₂CO₃'ün mısırın tepe ve kök gelişimine etkisi. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 928, Ankara.
- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M., ve Khan, M. M. 2010. Nutrient Availability and Maize (*Zea mays*) Growth in Soil Amended with Organic Manures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(4): 621-624. Doi: 10-070/RAS/2010/12-4-621-624
- Bashir, K. A., Muhammad, A.Y., Muhammad, A., ve Sada, S. M. 2022. Comparing the efficacy of organic and inorganic fertilizers on the growth of maize (*Zea mays* L.) plant. *Journal of Agricultural Research Pesticides and Biofertilizers*, 3 (3): 1-5. Doi: <http://doi.org/01.2022/1.1058>
- Belew, A. A. 2022. Role of lime and compost on soil properties and yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in acidic soil of Ethiopia: A Review, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 9 (10): 24-37. Doi: 10.22192/ijarbs
- Bhatti, S. M., Kandhro, M. A., Bughio, Z. R., Rajpar, I., Shah, J. A., Lund, M. M., Maitlo, H., ve Bughio, H. R. 2021. Relative performance of various composts and NPK fertilizer on upgrowth and quality of fodder maize. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 10: 449-458. Doi: 10.30486/IJROWA.2021.1927035.1235
- Bouyoucos, G. H. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Journal of Agronomy*, 43: 434-438.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen: Methods of soil analysis, Part 2., Ed.: Black, C. A., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, pp: 1149-1178.
- Chung, J. B., ve Choi, H.Y. 2006. Content and availability of micronutrients in manure-based composts. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 39(4): 230-236.
- Eghball, B., D. Ginting, ve Gilley, J. E. 2004. Residual effects of manure and compost on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96: 442-447 <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/14>
- Ernani P. R., Almeida, J. A., ve Santos, F. C. 2007. Potasyum: Toprak verimliliği, Ed.: Novais, R. F., Alvarez, V. V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L., Viçosa, M.G., Brezilya Ulusal Toprak Bilimi, pp:551-594 (Portekizce)
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 1990. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study. FAO, Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.

- FAO, 2008. Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 19 (Eds. M. R. Motsara, R. N. Roy), Rome. ISBN 978-92-5-10598. <https://jardindemaud.fr/pdf/MotsaraMRetal.pdf>
- FAO. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Furukawa, Y., ve Hasegawa, H. 2006. Response of Spinach and Komatsuna to Biogas Effluent Made from Source-Separated Kitchen Garbage. *J. Environ. Qual.*, 35: 1939-1947.
- Galvão, S. R. S., ve Salcedo, I. H. 2009. Soil Phosphorus Fractions in Sandy Soils Amended with Cattle Manure for Long Periods. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(3): 613-622. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300014>
- Gezahegn, A. M. 2021. Effect of organic fertilizers on maize (*Zea mays* L.) production and soil physical and chemical properties. *World Applied Sciences Journal*, 39 (1): 111-19. Doi: 10.5829/idosi.wasj.2021.11.19
- Ghinea, C., ve Leahu, A. 2020. Monitoring of Fruit and Vegetable Waste Composting Process: Relationship between Microorganisms and Physico-Chemical Parameters. *Processes*, 8, 302.
- Giménez, A., Gómez, P. Á., Bustamante, M. A., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Sabater, E., Ros, M., Pascual, J.A., Egea-Gilabert, C., ve Fernández, J. A. 2021. Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*, 11: 632.
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., ve Kleinheinz, G. 2020. Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review. *Compost Science and Utilization*. 28 (2): 59-75. Doi: 10.1080/1065657X.2020.1772906
- Gülser, C., Z. Demir, ve Ic, S. 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology*, 31(5): 671-674.
- Hafid, H. S., Rahman, N. A. A., Shah, U. K. M., Baharuddin, A. S., ve Ariff, A. B. 2017. Feasibility of using kitchen waste as future substrate for bioethanol production: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 74: 671-686.
- Hernandez, T., J. G., Berlanga, I., Tormos, ve Garcia, C. 2021. Organic versus inorganic fertilizers: response soil properties and crop yield. *AIMS Geosciences*, 7(3): 415-439. Doi: 10.3934/geosci.2021024
- Iglesias-Jiménez, E. 1996. City refuse compost as a source of micronutrients for plants: Fertilizers and Environmant, Eds.; Rodriguez-Barrueco, C., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp: 517-521.
- Irshad, M., Gul, S., Egrinya Eneji, A., Anwar, Z., ve Ashraf, M. 2014. Extraction of Heavy Metals from Manure and Their Bioavailability to Spinach (*Spinacia oleracea* L.) After Composting. *Journal of Plant Nutrition*, 37:1661-1675.
- Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis, 38-226. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
- Jakhro, M. I., Shah, S. I., Zehri, M. Y., Rahujo, Z. A., Ahmed, S., Ahmed, S., ve Jakhro, M. A. 2017. Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Under Fluctuating Levels of Organic and Inorganic Fertilizers. *International Journal of Development Research*, 7(2):11454-11460.
- Kacar, B. 2009. *Toprak Analizleri*. Nobel Yayın No. 1387. Ankara, Türkiye.
- Kacar, B., ve İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın No. 892. Ankara, Türkiye.

- Kacar, B., ve Kütük, C. 2010. *Gübre Analizleri*. Nobel Akademi Yayın, Ankara. 372 p.
- Kadir, A. A., Azhai, N.W., ve Jamaludin, S. N. 2016. An Overview of Organic Waste in Composting. MATEC Web of Conferences, 47, 05025.
- Kelley, A. J., Campbell, D. N., Wilkie, A. C., ve Maltais-Landry, G. 2022. Compost Composition and Application Rate Have a Greater Impact on Spinach Yield and Soil Fertility Benefits Than Feedstock Origin. *Horticulturae*, 8: 688.
- Lindsay, W. L., ve Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42:421–28. Doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x.
- Machado, R. M. A., Alves-Pereira, I., Lourenco, D., ve Ferreira, R. M. A. 2020. Effect of organic compost and inorganic nitrogen fertigation on spinach growth, phytochemical accumulation and antioxidant activity. *Heliyon*, 6, e05085.
- Mahmood, F., Khan, I., Ashraf, U., Shahzad, T., Hussain, S., Shahid, M., Abid, M., ve Ullah, S. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 17 (1): 22-32.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., ve Grero, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresour Technol*, 72: 9-17.
- Masowa, M. M., Kutu, F. R., Shange, P. L., Mulidzi, R., ve Vanassche, M. G. 2016. The effect of winery solid waste compost application on maize growth, biomass yield, and nutrient content under greenhouse conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (8): 1082-1094.
- Oliveira, F. F., Salcedo, I. H., ve Galvão, S. R. S. 2011. Kumlu topraklarda patateslerin organik ve inorganik gübrelenmesi: verimlilik, bitki besin maddeleri ve yıkanma. *Rev Bras Eng Agric Amb.*,15:1228-1234. Doi:10.1590/S1415-43662011001200003 (Portekizce)
- Olsen, S. R., ve Dean, L. A. 1965. Phosphorus: Methods of soil analysis. Part II, Ed.: Black, C. A., American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, pp: 1035–1049.
- Özdemir, N., Gülser, C., Ekberli, İ., ve Özkaptan, S. 2005. Toprak Düzenleyicilerinin Asit Toprakta Strüktürel Dayanıklılığa Etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36 (2), 151-156.
- Pizer, N. H. 1967. Some advisory aspects, soil potassium and magnesium. *Tech. Bull. No: 14:184.*
- Pratt, P. F. 1965. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Ed.: Black, C. A., Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agronomy Series, 9: 999-1034.
- Rahman, H., ve Akter, A. 2017. Effect of Kitchen Waste Compost and Vermi-Compost in Combination with Chemical Fertilizer on the Production of Tomato. *Research and Reviews: Journal of Crop Science and Technology*, 6 (3): 15-24.
- Reis, M., Coelho, L., Beltrão, J., Domingos, I., ve Moura, M. 2014. Comparative effects of inorganic and organic compost fertilization on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Energy and Environment*, 8: 137-146.

- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Tan, C. S., ve Yang, X. M. 2015. Temporal effects of food waste compost on soil physical quality and productivity. *Can. J. Soil Sci.*, 95: 251-268. Doi:10.4141/CJSS-2014-114
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. In: *Agriculture Handbook*. No: 60, 160 p
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble Salts. Methods of Soil Analysis, Part 2: In *Chemical and Microbiological Properties*, ed A. L. Page, 167-178. American Society of Agriculture Inc. Publication, Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA.
- Sanni, K. O. 2016. Effect of compost, cow dung and NPK 15-15-15 fertilizer on growth and yield performance of Amaranth (*Amaranthus hybridus*). *International Journal of Advances in Scientific Research*, 2 (3): 76-82.
- Sigaye, M. H., R., Mekuria, K., Kebede, A., Nigussei, ve Lulie, B. 2021. Integrated use of organic and inorganic fertilizers on maize (*Zea mays* L.) yield and soil fertility in Andisols soil of Sidama, Ethiopia. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 11 (1):10-18.
- Souza, H. A., Melo, M. D., Primo, A. A., Vieira, L.V., Pompeu, R.C.F.F., Guedes, F. L., ve Natale, W. 2016. Use of organic compost containing waste from small ruminants in corn production. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 40: e0150385. Doi: 10.1590/18069657rbc20150385
- Swift, R. S., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., ve Sumner, M. E. 1996. Organic matter characterization. *Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods*, pp: 1011-1069.
- Thapa, P., Shrestha, R. K., Kafle, K., ve Shrestha, J. 2021. Effect of Different Levels of Nitrogen and Farmyard Manure on The Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Agricultural Science*, 2: 335-340.
- Tan, K. H. 2005. *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. 2nd Edition, Taylor & Francis/CRC Press, Boca Raton, 623p
- Ülgen, N., ve Yurtsever, N. 1988. Fertilizer and fertilization guide of Türkiye. Publications of the Directorate of Soil and Fertilizer Research Institute; general publication no: 151. technical publication no: T-59. Web: <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr>
- USDA. 2013. U.S. dept. of agriculture soil taxonomy. Accessed November 14, 2013. <http://www.soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>
- Voběrková, S., Maxianová, A., Schlosserová, N., Adamcová, D., Vršanská, M., Richtera, L., Gagić, M., Zloch, J., ve Vaverková, M. D. 2020. Food waste composting - Is it really so simple as stated in scientific literature? – A case study. *Science of the Total Environment*, 723, 138202.
- Walkley, A., ve Black, L. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soils organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29–38. Doi:10.1097/00010694-193401000-00003.

- Yağmur, B., Okur, B. 2018. Bazı Doğal Toprak Düzenleyicilerin Mısır (*Zea Mays L.*) Bitkisinin Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4): 471-477. Doi: 10.20289/zfdergi.419225
- Yang, F., Li, Y., Han, Y., Qian, W., Li, G., ve Lua, W. 2019. Performance of mature compost to control gaseous emissions in kitchen waste composting. *Science of the Total Environment*, 657: 262-269.
- Yusheng, Q., Shihua, T., Wenqiang, F., Xifa, S., ve Qingrui, C. 2005. Effect of organic and inorganic fertilizers on yields and nitrate accumulation of vegetables, Soil and Fertilizer Institute, Sichuan A. A. S., *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 11(5): 670-674.



Effect of Age, Live Weight and Body Condition Score on Fertility in Estrous Synchronization of Kıvırcık Sheep^A

Farida Ibrahim NAGEYE¹, Mehmet KOYUNCU^{2*}

Abstract: The effects of age, live weight and body condition score on the reproductive parameters of the ewes and the development of the lambs were investigated in Kıvırcık ewes whose estrus was synchronized. In this context, a total of 85 sheep with different age, body condition and live weight were evaluated. The average dam age, body condition score (mating-birth) and live weight (mating-birth) were found to be 2.98, (3.04-3.22) and (57.05-62.99), respectively. The effect of dam age and body condition score on lambing rate, multiple birth rate and viability was found to be significant ($P<0.05$). While the effect of live weights during periods of mating season and birth on the multiple birth rate was found to be significant, only the effect of live weight during the birth period on survival rate was significant ($P<0.05$). While the effects of dam age on birth weight are insignificant, their effects on weaning weight and daily live weight gain are significant ($P<0.05$). The regression coefficient of the live weight of the dams at birth on the weaning and daily live weight gain of the lambs is significant ($P<0.05$). It was determined that the correlation coefficient values (0.220-0.874) between the age, live weight and body condition of the sheep in different periods were significant ($P<0.05$; $P<0.01$).

Keywords: Sheep, age, live weight, body condition, fertility, lamb development.

^A Ethics committee approval was obtained with the decision letter of Bursa Uludağ University Animal Experiments and Local Ethics Committee (2019-05/06). Research and Publication Ethics were followed in this study.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Mehmet KOYUNCU, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bursa, Turkey. e-mail: koyuncu@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0379-7492](https://orcid.org/0000-0003-0379-7492)

¹ Farida Ibrahim NAGEYE, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı. e-mail: fariidanageeye@hotmail.com [OrcID 0000-0001-8049-9216](https://orcid.org/0000-0001-8049-9216)

Kızgınlığın Topplulaştırıldığı Kıvırcık Koyunlarında Yaş, Canlı Ağırlık ve Vücut Kondisyon Skorunun Döl Verimine Etkisi

Öz: Kızgınlığı senkronize edilen Kıvırcık koyunlarında yaş, canlı ağırlık ve vücut kondisyon skorunun koyunların üreme parametreleri ve kuzuların gelişimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda yaş, vücut kondisyonu ve canlı ağırlığı farklı olan toplam 85 baş koyun değerlendirilmeye alınmıştır. Ana yaşı, vücut kondisyon skoru (koç katım-doğum) ve canlı ağırlık (koç katım-doğum) ortalamaları sırasıyla 2.98, (3.04-3.22) ve (57.05-62.99) bulunmuştur. Ana yaşı ve vücut kondisyon skorunun kuzulama oranı, çoğuz doğum oranı ve yaşama gücü üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Koç katım ve doğum dönemindeki canlı ağırlıkların çoğuz doğum oranı üzerine etkisi önemli bulunurken, yaşama gücü üzerine sadece doğum dönemindeki canlı ağırlık değerinin etkisi önemlidir ($P<0.05$). Ana yaşının doğum ağırlığı üzerine önemsiz, süttten kesim ağırlığı ve günlük canlı ağırlık artışı üzerine etkileri ise önemlidir ($P<0.05$). Anaların doğum dönemindeki canlı ağırlığının, kuzuların süttten kesim ve günlük canlı ağırlık artışı üzerindeki regresyon katsayısı önemlidir ($P<0.05$). Koyunların yaş, farklı dönemlerdeki canlı ağırlık ve vücut kondisyonunun kendi aralarındaki korelasyon katsayısı değerlerinin (0.220-0.874) önemli olduğu saptanmıştır ($P<0.05$; $P<0.01$).

Anahtar Kelimeler: Koyun, yaş, canlı ağırlık, vücut kondisyonu, döl verimi, kuzu gelişimi.

Introduction

Reproductive problems within the scope of animal production can be caused by many factors. These can be listed as abnormal or incomplete reproductive cycles, embryonic and fetal losses and mortality, increased age at puberty or the inability of young females to become pregnant during the breeding season, environmental stressors such as extreme temperatures or changes in photoperiod, and poor quality sperm production. Considering the fact that effect of hereditary factors on the reproductive performance of sheep is lower, different environmental approaches that may contribute to productivity are emphasized and some factors (age, live weight, body condition, etc.) are taken into account.

Knowing the genetic and environmental factors affecting the reproduction of sheep not only helps to improve the reproductive performance of sheep, but also accelerates breeding practices and uses some physiological parameters in selection to increase success. Based on the birth rate or lamb yield, the number of offspring per sheep is considered one of the most important indicators of sheep productivity. This reveals that the biological productivity of sheep depends on fertility in terms of meat, milk and fleece production Notter (2000). Selection success in terms of fertility largely depends on many factors such as the age and feeding status of sheep. The indicator of feed level of sheep is expressed by live weight and body condition score (Aliyari et al., 2012; Kenyon et al., 2014; Corner-Thomas et al., 2015).

Determining the body condition scores (*BCS*) of sheep is widely used in countries where sheep breeding is developing. Body condition can be a useful tool, especially for the successful mating period for sheep flocks Gordon (1997). As is known, in sheep with low body fat reserve, fewer follicles reach the final stage of development, which leads to a higher probability of reproductive failure and decreased productivity (Michels et al., 2000). The productivity of sheep with appropriate body condition scores after pregnancy and birth is higher than that of sheep with poor condition. It is stated that by taking advantage of live weight change characteristics and using weight gain or loss in certain periods of the production cycle, breeders will continue breeding with less input (additional feed) to achieve the desired goals when necessary. On the other hand, it has been stated that measurements taken at important times during the production cycle to determine weight and condition of adult ewes have a strong hereditary relationship (Walkom et al., 2014).

What is important to increase fertility is to create conditions that will enable the estrus process to occur more intensely throughout the year. Using methods to reveal estrus outside the breeding season and applying different hormonal models for super ovulation are considered as practices to ensure the production of more lambs per ewe. At this point, determining weight and condition at the beginning of the mating period has a significant impact on fertility (Atti et al., 2001; Hatcher et al., 2007). It is stated that the condition score of sheep with the best breeding performance is around 3.0-3.5 (Sejian et al., 2010).

The targeted score of 3.0-3.5 can be achieved with managerial practices by scoring the ewes 8 weeks before the addition of the ram, which can minimize the infertility rate in the herd and increase the rate of multiple births. It is stated that the age of the sheep affects the reproductive and productive characteristics, and the ovulation rate increases with age, reaches a maximum between the ages of 3-6 and then gradually decreases (Ptacek et al. 2017). It has been shown in different studies that increasing the age and weight of ewes before mating period increases the pregnancy and multiple birth rates (Demirel et al., 2004; Thomson et al., 2004; Aliyari et al., 2012; Aktaş and Doğan, 2014). It has also been determined that the increase in sheep live weight during the mating period causes a proportional increase in the live weight of lambs at birth and weaning. (Gaskins et al., 2005; Aliyari et al., 2012; Aktaş and Doğan, 2014).

In this study, while trying to reveal the changes in the body condition and live weight of the sheep during the mating and birth period of the sheep, as well as the changes caused by the maternal age in the fertility characteristics of the sheep, it was also aimed to determine the impact of these evaluated traits on the developmental characteristics and viability of lambs.

Material and Method

The study was conducted with 85 Kıvrıkcık sheep of different ages, in the anoestrous period, raised in the Sheep Farm affiliated with Bursa Uludağ University Faculty of Agriculture Research and Application Farm. While 2 of the ewes evaluated remained infertile, 2 ewes died during the trial and 81 ewes gave birth. Although 118 lambs were obtained from the ewes that gave birth, 6 of them died within 24 hours following birth and 13 of them died until the weaning period. Data on 112 lambs (52 females and 60 males) during the birth period and a total of 99 lambs (48 females and 51 males) during the weaning period were evaluated.

The sheep used in the research were grouped according to age (2, 3, 4), body condition score (2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0) and live weight (those above the herd average are "heavy" and those below the average are "light"). The sheep included in the study were selected from those that had given birth at least once. For the breeding of rams, 6 experienced three-year-old Kıvrıkcık rams, kept in a separate place from the herd, were used. This conducted research received the necessary approval from Bursa Uludağ University Animal Experiments and Local Ethics Committee (2019-05/06).

The evaluation was carried out by scoring the live weight (*LW*) and body condition score (*BCS*) of the ewes before during mating and the birth period, and also by grouping them according to age. Since the ewes used in the research were in the anoestrous period in the month when the rams were to be added, estrus synchronization was carried out in the flock (Figure 1).

In the scoring from 1 to 5 for the BCS application, the scoring range was accepted as 0.5, and 5 (obese) and 1 (thin) were evaluated according to the muscle and fat accumulation on the loin area Thompson and Meyer (1994). BCS evaluation in ewes was made one week before the addition of the ram and within the first week following birth. Live weights of sheep were measured with a 100 g precision digital scale on the day the sheep were sponged and within the first 24 hours following birth. According to the average live weight of sheep during the mating period, two groups were created (light and heavy) by evaluating those below the average (light) and those above the average (heavy).

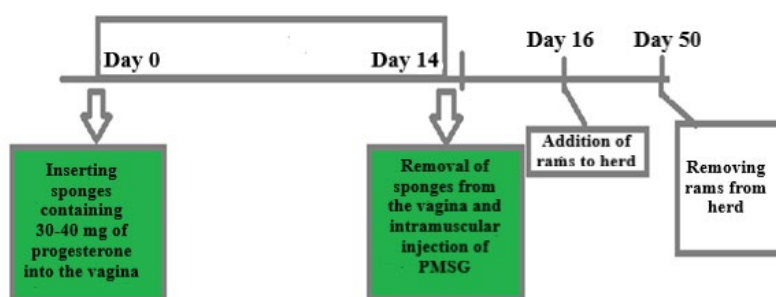


Figure 1. Sponge application in sheep

During the period when the research was conducted (May-December), the sheep were taken out to pasture in the morning and put back into the pen in the evening, depending on the labor force in the enterprise. This practice continued until the end of October, depending on management conditions. Taking into account the length of time they were kept in the pasture, the grass yield of the pasture and the physiological state of the sheep, an average of 1.0 kg/head of dry grass and 300 g/head of the concentrated feed mix prepared in the farms were additionally given in the morning and evening. Sheep are provided with constant and clean access to water and licking stone to meet their mineral needs.

Births started in the last week of October and were completed in November. Born lambs were weighed within the first 1-2 hours following birth, birth weight (*BW*) was determined and ear numbers were attached. The

ewes and their lambs that gave birth were kept in a separate pen from the rest of the flock. At the end of the 2 weeks following birth, a compartment designed to allow only lambs to pass through has been prepared (creepfeeding), where the lambs can receive quality hay and lamb growth feed whenever they want. The lambs were weaned when they were approximately 2.5 months old and their weaning weights (*WW*) were determined. Since the *BW*, *WW* and weaning age (*WA*) of each lamb were known, the daily live weight gain (*DWG*) between birth and weaning was calculated.

The addition of rams to the herd was done freely due to farm conditions. Therefore, it was possible to determine the fertility characteristics of the evaluated sheep starting from the postnatal period. In the study, fertility criteria were calculated using the birth information of the sheep Sönmez and Kaymakçı (1987).

The factors considered on the fertility characteristics of the research herd during the mating period (*MP*) and birth period (*BP*) are maternal age (*MA*), body condition score (*BCS*) and maternal weight (*MW*). In terms of live weight, they are divided into those below the herd average (light) and those above the average (heavy).

Discrete environmental factors such as age, body condition, birth type, sex, as well as factors that show continuous variation such as weaning age (*WA*) and birth weight (*BW*) were discretely analyzed in the live weight development of born lambs. For this purpose, the average weaning age of lambs was determined as 89 days, and the weaning ages below the average were grouped as (short), and those equal to and above the average were grouped as (long). In order to determine the effect of the live weight of the born lambs on the weaning weight (*WW*) and daily live weight gain (*DWG*), the birth weight of the lambs, which was a continuous factor, was also turned into a discrete factor. For this purpose, the average birth weight of lambs below 3.8 kg was grouped as light (≤ 3.80) and those above it were grouped as heavy (≥ 3.81).

In comparing the fertility characteristics of the factors evaluated, the χ^2 (chi-square) analysis method was used, and the Minitab 17.0 package program was used in the analysis of the correlation coefficients between the age, live weight, body condition score of ewes and birth, weaning weights and live weight gain of lambs (Minitab, 2014).

Results and Discussion

Live weight, live weight development and *BCS* values of dam and their lambs are shown in Table 1. The variation of maternal weight in the herd during mating and birth period is close to each other. The coefficient of variation in *BW*, *WW* and *DWG* values between these two periods are similar and high. Even though weights were tried to be recorded within the first 24 hours of the birth period, which was effective in this, the fact that this could not be achieved completely and the weaning was carried out on the same day, even if the birth times were different, created a significant difference between the results.

Table 1. Descriptive values of sheep and lambs

Traits	N	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	SD	CV	Min.	Max.
Maternal age, years	85	2.98±0.067	0.710	23.81	2	4
Maternal weight (MP), kg	85	57.05±0.622	6.579	11.53	42.6	71.4
Maternal weight (BP), kg	81	62.99±0.640	6.774	10.75	47.8	77.6
Maternal BCS (MP)	85	3.040±0.059	0.627	20.61	2	4
Maternal BCS (BP)	81	3.219±0.054	0.569	17.67	2	4
Birth weight, kg	112	3.814±0.092	0.970	25.42	2.0	6.5
Weaning weight, kg	99	27.87±0.706	7.022	25.20	8.6	40.2
Daily weight gain, kg	99	0.268±0.007	0.068	25.31	0.07917	0.38765

MP: Mating period, BP: Birth period, BCS: Body condition score

It is observed that in the research herd, a live weight gain of approximately 6 kg was achieved during the birth period compared to the mating period. In a study where different breeds were evaluated, the live weight of Kıvrıcık, Sakız and Gökçeada ewes during the mating period was 59.404, 49.947 and 47.782 kg, respectively; It is reported that these values are 65.821, 51.946 and 49.973 during the lambing period ($P<0.01$). The results found for the Kıvrıcık breed are similar to the research results (Sezenler et al., 2011). When the same flock is evaluated based on age, while the live weight of 2-6-year-old ewes is between 42.032-59.136 kg during the mating period, this value varies between 50.632-61.089 kg during the lambing period ($P<0.01$).

BCS values for mating and birth of the sheep in the research flock were found to be 3.040 and 3.219. While the optimum BCS value in sheep during the mating period is generally desired to be higher than 2.5 Thompson and Meyer (2006), the average BCS value in Kıvrıcık sheep during this period is 2.28 (Yılmaz et al. 2011), which is lower than the value of 3.04 found in this study. Difference may be associated with genotype and nutrition changes. In a study conducted on Lori-Bakhtiari sheep, it was stated that the average BCS value during the ram breeding period was 2.6 and (32%) was found at 2.5 BCS and 62.1% of all sheep had a BCS value between 1.0-2.5 (Vatankhah et al., 2012).

The effect of changes in BCS and MW (static effects) before, during and after mating on the reproductive efficiency of different sheep breeds in different breeding systems has also been demonstrated (Çam et al., 2010; Aliyari et al., 2012). Merrell (1990) states that condition scoring should be done before the ram addition period (6-8 weeks), so that appropriate managerial practices can be made to ensure that a significant portion of the ewes reach the best body condition (2.5-3.0) within this period. Low body condition score in sheep has been associated with delayed or suppressed estrus Gunn and Doney (1975), on the other hand, it has been reported that reproductive performance is generally reduced in sheep with high body condition (Gunn et al., 1991). In particular, it is emphasized that body condition score may vary depending on the genotype and physiological state of sheep, therefore the importance of making these evaluations on reproductive efficiency is emphasized (Biçer 1991). In a study conducted on Imroz lambs, it was concluded that maternal effects were insignificant for birth weight Duru and Koyuncu (2005).

Effects of maternal age, live weight, and body condition score on fertility measurements

The effect of maternal age on the reproductive parameters evaluated in the study, such as lambing, infertility, multiple birth rates and viability characteristics, was found to be significant. As seen in Table 2, while the lambing rate is low in the 2-year-old group, the multiple birth rate is high, and therefore, although this is statistically insignificant, the number of lambs per ewe under ram and the number of lambs per ewe giving birth have a negative or inverse relationship with age. It has been determined that there is a relationship and that it decreases as age increases. At this point (Gaskins et al., 2005), it is stated that reproductive age does not have a significant effect on the estimated probability of multiple birth rates and that the probability of multiple birth remains constant across ages for a breed (Edwards et al., 2015). In a different study, it was stated that the multiple birth rates of 2- and 3-year-old sheep were lower than those of 4-year-old sheep (Demirel et al., 2004). The fact that the viability value is higher in the lambs of 2 and 3-year-old dams than in the lambs from 4-year-old dams, and this value is seen to be a different situation, especially considering that the milk yield of the dam is related to age.

While the values found in the study are similar to some other studies (Demirel et al. 2004; Thomson et al., 2004; Aliyari et al., 2012; Aktaş and Doğan, 2014), in another study, it was found that the birth rate and viability values of lambs were lower than those of young sheep (2 years old) and it was found to be lower in old sheep (8-9 years old) than in middle-aged sheep (3-4 years old) (Sidwell et al., 1962). Ptacek et al., (2017), unlike the results, reported that while the highest lambing rate in Suffolk sheep was found at the age of 4, the number of lambs per ewe under ram and the number of lambs per ewe giving birth reached the lowest values in ewes over 2 and 6 years of age.

Reproductive performance is the most important feature that determines the income obtained from farms. Among the many factors that determine whether the newborn offspring will live until weaning age, it is stated that the age of the maternal is one of the internal factors that has a significant effect on the general productivity of the herd (Van der Westhuizen et al., 2004). There is no significant difference between mother age groups in terms of fecundity and litter size. The values of 1.20 and 1.30 found in 2-3-year-old Sanjaabi and Lori sheep in terms of litter size are lower than the values of 1.81 and 1.30 found in the same age group in the study (Moeini et al., 2007). Karakuş and Aşkın (2007) found fecundity and litter size values as 1.41 and 1.50 in Anatolian Merino sheep between the ages of 2.5 and 4.5, and 1.45 and 1.54 in Malya sheep. In another study conducted on Kıvrıkcık sheep (3-4 years old), the average values of 0.94 and 1.10, respectively, in the groups where different synchronization methods were used were lower than the research results (Duymaz, 2020). Altınçekiç and Koyuncu (2017) found 1.3 and 1.6 values for fecundity in 2-3-year-old Kıvrıkcık sheep, and similarly, the 1.29 values they found for fecundity and litter size values in 3-4-year-old Kıvrıkcık sheep are lower than the research results.

Table 2. Effect of maternal age, body condition score, live weight on fertility parameters

Traits	MS (head)	LR (%)	S (%)	SGB (head)	MBR (%)	SBR (%)	F (head)	LS (head)	V (%)	GP (kg)	GE (kg)	TP (kg)	TE (kg)
MA													
2	20	80.0	20	16	69	31	1.45	1.81	89.66	498.50	9.25	3493.00	64.78
3	43	100.0	0	43	37	63	1.30	1.30	89.29	499.77	8.81	3293.72	58.04
4	22	100.0	0	22	23	77	1.23	1.23	85.19	511.82	8.32	2925.91	47.59
chi-square		13.645*	6.650*		8.660*				0.358*				
BCS (MP)													
2.0	11	100.0	0	11	45	55	1.45	1.45	93.75	504.55	9.98	3965.45	78.45
2.5	13	76.9	23.1	10	50	50	1.23	1.60	87.50	423.85	8.36	2725.38	53.77
3.0	27	100.0	0.0	27	48	52	1.48	1.48	85.00	550.00	9.86	3308.89	59.33
3.5	19	94.7	5.3	18	17	83	1.11	1.17	80.95	457.89	7.41	2545.26	41.17
4.0	15	100.0	0.0	15	40	60	1.27	1.27	100.00	540.67	8.31	3940.67	60.58
chi-square		12.411*	3.589*		7.599*				4.536*				
BCS (BP)													
2.0	5	100.0	0.0	5	40	60	1.40	1.40	85.71	530.00	11.06	3702.00	77.29
2.5	12	75.0	25.0	9	56	44	1.78	1.78	81.25	554.44	7.92	3514.44	50.17
3.0	21	100.0	0.0	21	52	48	1.48	1.48	83.87	546.67	10.24	3139.52	58.80
3.5	29	96.5	3.5	28	32	68	1.32	1.32	91.89	525.00	8.56	3551.07	57.89
4.0	18	100.0	0.0	18	28	72	1.17	1.17	95.24	494.44	7.66	3353.33	51.93
chi-square		13.289*	3.085*		16.200*				2.863*				
LW (MP)													
Light	37	94.59	5.41	35	51	49	1.49	1.57	87.27	527.03	10.29	3437.57	67.09
Heavy	48	95.83	4.17	46	30	70	1.19	1.24	89.47	483.75	7.80	3097.29	49.97
chi-square		0.305	2.324		3.700*				0.216				
LW (BP)													
Light	40	95.00	5.00	38	50	50	1.35	1.42	83.33	495.79	8.56	3070.26	53.01
Heavy	45	95.56	4.44	43	30	70	1.29	1.35	93.10	555.35	8.09	3702.09	53.94
chi-square		0.271	2.443		7.223*				2.663*				
Total	85			81									

*: $P < 0.05$; MA: Maternal age, BCS: Body condition score, MP: Mating period, BP: Birth period, MS: Number of mating sheep, SGB: Number of sheep giving birth, MBR: Multiple birth rate, SBR: Single birth rate, BCS: Vücut kondisyon skoru, LW: Live weight, MP: Mating period, BP: Birth period, LR: Lambing rate, S: Sterility, F: Fecundity, LS: Litter size, V: Viability, GP: Gestation productivity, GE: Gestation efficiency, TP: Total productivity, TE: Total efficiency

Apart from gestation productivity, the highest gestation efficiency, total productivity and total efficiency values were found in 2-year-old mothers, and the differences in terms of age groups were not significant. The values of 517.71 kg and 492.54 kg found by Karakuş and Cengiz (2007) in 2-5-year-old Karakuş and Norduz sheep are close to the research results. Duymaz (2020), found that the values of 453.0, 7.90, 2279.0 and 40.0 kg for GP, GE, TP and TE values in 3-4-year-old K1vırcık sheep, respectively, are well below those found in the study. Vatankhah et al., (2012), stated that pregnancy and total productivity performance were highest in ewes with BCS = 3.5 and lowest in ewes with BCS = 4.0, these evaluations are similar to the research results.

Body condition score in ewes was evaluated in two different periods (ram mating and birth periods). In the chi-square independence test performed for both periods, the differences in terms of lambing rate, sterility rate, multiple birth rate and viability are significant ($P < 0.05$), (Table 2). Sejian et al., (2015), in their study aiming to determine the effect of Garole x Malpura sheep on reproductive performance, stated that the body condition

score had a significant ($P<0.05$) effect on the lambing rate, the highest lambing rate was in the 3.0 BCS class and the lowest was in the 2.5 BCS class. In Barbarine sheep, fertility was found to be 76% and 95% in sheep with BCS = 2.0 and 3.0 (Atti et al., 2001). In terms of reproductive traits evaluated in sheep, the differences between sheep with BCS 3.0 and 3.5 are low and insignificant ($P>0.05$), and it is recommended that sheep have BCS 3.0–3.5 during the mating period to optimize the profitability of the flocks (Vatankhah et al., 2012). It is stated that BCS and MW at the mating period of the ram have a significant effect on lamb productivity (Atti et al. 2001; Hatcher et al., 2007). Davoud et al., (2012) found in study that the pre-mating BCS had a significant effect on the number of lambs born and birth rate of dam scored 3.0.

While ewes with a BCS of 2.5 are purchased during mating period, with the highest multiple birth rate, this situation seems to be valid during the birth period. The lowest value appeared in ewes with 3.5 points during the mating period and 4.0 points during the birth period. In terms of viability, those who had a score of 4.0 in both the mating and birth periods achieved 100% and 95.24%. Vatankhah et al., (2012) in their study investigating the relationship between BCS and reproductive characteristics during mating in Lori-Bakhtiari sheep, they found that there was a significant relationship between BCS and the pregnancy rate of sheep ($P<0.01$), and the lowest average for pregnancy rate was in sheep with 1.0. It is stated that the pregnancy rate in sheep reaches its maximum value with this value of 3.0, 3.5 and 4.0 BCS, respectively.

Studies have shown that there is a relationship between some selection criteria and BCS in sheep in different production periods (Dimova et al., 2008; Ivanova et al., 2008; Slavova et al., 2010). There was a strong correlation between body condition score and birth rate, and the best fertility rates were observed in ewes whose BCS values increased from 2 to 4. Low fertility was determined for BCS above these values, and it was stated that excessive fat storage and consequently excessive fat tail development in this type of sheep negatively affected fertility (Molina et al., 1994). It has been reported that reproductive performance characteristics of Kıvrıcık sheep should not be lower or higher than 2.0-3.0 body condition score (Yılmaz et al., 2011). Although the relationship between body condition scores obtained in this study and reproductive performance is like other studies, differences may be observed due to genotype differences and other environmental conditions (nutrition, etc.) even if the optimum body condition score is obtained.

The survival rate of lambs born from ewes with 2.0 and 4.0 condition during the mating period and from ewes with 3.5 and 4.0 condition during the birth period is higher than the others. While these results are similar to studies examining the relationship between body condition and viability (Kleemann and Walker, 2005), on the other hand, there are studies in which the mother's body condition score has no effect on the viability of lambs (Al-Sabbagh et al., 1995). Abboud (2007), suggests that high viability may be associated with high body weight at birth or high milk production of well-fed ewes. Likewise, it is stated that ewes with a BCS of 3.0 - 4.0 at lambing lose fewer offspring and have heavier lambs at weaning than those with a BCS of 2.5 or lower. In some studies, BCS has no effect on the viability of lambs in the period until weaning (Al-Sabbagh et al.1995; Oldham et al., 2011) or has a positive effect (Everett-Hincks et al., 2013). On the other hand, it has been reported that there is a slightly positive relationship between BCS and viability of singleton lambs, with BCS=3.0 exceeding Kleemann and Walker (2005).

Considering the positive impact that body condition score may have on the survival of lambs after birth, it is concluded that it can be used as a management tool in flocks. However, it has recently been reported that under ad-libitum feeding conditions on pasture, lambs born without multiples from ewes with BCS = 2.0 have lower survival rates than lambs born from ewes with BCS = 2.5 (Kenyon et al., 2011). Although the reason has not been fully revealed, the survival rate of lambs born from the BCS=2.0 group is not different from those born from ewes with BCS=3.0, and it has been shown that BW is not affected by this difference in BCS values.

The reason for the decreased pregnancy rate in ewes with low BCS may be reduced GnRH production in undernourished ewes. It is stated that this situation affects the LH surge before ovulation, fertilization and early embryonic development (Sejian et al., 2010). Maurya et al., (2009), the effect of BCS on reproductive performance in Chokla sheep was evaluated and it was reported that the highest lambing rate was obtained in ewes with BCS = 3.0. The birth rate in Malpura sheep with BCS = 3.0-3.5 was found to be better than the low and high BCS groups, which is like this study (Sejian et al., 2010).

It has been reported that there are important relationships between the BCS of the maternal during the lambing and milk yield and lamb development during the lactation period (Atti et al., 1995). Türkgeldi sheep stated that a condition score between 2.0 and 3.0 during the lambing period would have positive effects on weaning weight (Özdüven et al., 1997). In a study on Kırırcık sheep, it was reported that the group with a BCS of 3.0 had the highest birth weight, but the differences were statistically insignificant (Ada et al., 2004). Sezenler et al., (2007), in their study on Karacabey Merino sheep, determined that, according to the birth condition score, the highest BW and WW were in the group with a condition score of ≥ 4.0 , and the lowest average was in the group with a condition score of ≤ 2.0 .

Maternal body weight is an environmental factor that constantly varies. In this study, during the breeding and birth period of the ram, those below the herd average (light) and those above the average (heavy) were grouped and made discontinuous. In terms of the multiple birth rate, it is around 50% in the light group ewes, which are below the herd average during both the mating and birth periods, while this value is around 30% in the heavy group ($P < 0.05$). While the difference between live weight groups in the ram breeding period was insignificant in terms of viability, the difference in live weight at birth had a significant effect on the viability of lambs ($P < 0.05$).

Although the mating period is not important in terms of survival rates between live weight groups, it was found that the survival rate of lambs born from heavier ewes was higher. The same results (Aktaş et al. 2015) reported that the effects of sheep live weight on the viability rates of lambs are insignificant, but this value tends to increase as the live weight of the sheep increases. This is since heavier ewes have higher milk yield and higher abdominal fat than low live weight ewes. As a result, lambs from heavier ewes can absorb more milk. This can also increase the survival rate of lambs. Another reason is that the birth weight of lambs can have a significant impact on their ability to survive. It has been determined that lambs weighing less than 2.3 kg at birth have a higher mortality rate, and that each additional 0.90 kg of live weight at birth gradually improves viability, but this value tends to increase with lambs weighing more than 6 kg (Berger, 1997). Examining the effect of live weight on reproductive characteristics in sheep (Corner-Thomas et al., 2015), it is stated that although the live

weight in the mating period has a positive effect on the lambing rate and other reproductive parameters up to 47.5 kg, the expected gain in live weight values above this is not achieved.

The multiple birth rate, fecundity and litter size values found in this study support this view. Similar results were revealed in the research conducted by Thomson and Bahhady (1998). In this study, it was revealed that the rate of multiple births tended to increase as live weight increased during the mating period (about 51-55 kg) and then decreased ($P<0.05$). It was determined that the birth rate value in sheep in commercial flocks in New Zealand increased up to 47.4 kg live weight, but there was no increase above this ($P>0.05$). During the mating period, the lambing rate was found to be 138% (133-143%) in ewes with a live weight of 47.5-52.4 kg (Corner-Thomas et al., 2015).

Live weight development of lambs

The main criteria of the research on live weight development of lambs (*BW*, *WW*, *DWG* period between birth and weaning) are MA, BCS (mating-birth), birth type, sex, weaning age. The effects of discrete environmental factors such as (short-tall), birth weight (light-heavy) and the dam's ram breeding and live weight at birth are shown in Table 3. In the study, environmental factors that show continuous variation in weaning age and birth weight were made discrete. The average weaning age of the evaluated lambs was found to be 89 days, and those below the average were grouped as (short) and those above the average (long). To determine the effect of live weights of born lambs on WW and DWG, those below the average BW of 3.8 kg were grouped as (light) and those above (heavy).

The effect of maternal age on birth weight was found to be insignificant, but its effects on WW and DWG were significant ($P<0.05$). However, the highest birth weight value was obtained in the group with 4-year-old mothers (3.80 kg). Similar evaluation results were obtained by Cemal et al., (2005) who worked with the same breed also stated. Ristanovic and Ilić (2018) report that in the Sjenička sheep population, dam age does not have a significant effect on the lamb weight at birth ($P>0.05$) and Aktaş and Doğan (2014), report that the birth weights of lambs born from Akkaraman sheep are not significantly affected by the age of the sheep.

The highest weaning weight of lambs was observed in lambs of 2-year-old mothers, and it was determined that live weight decreased as age increased. This situation was therefore also reflected in the DWG gain values of the lambs ($P<0.05$). What is interesting here is that while the birth weight order of lambs in terms of dam age is listed as 4, 3, 2, the order for weaning weight is the opposite, as 2, 3, 4. In many studies conducted on this subject, researchers state that sheep age groups do not have a significant effect on the BW and WW of lambs (Cemal et al., 2005; Aliyari et al., 2012; Aktaş and Doğan, 2014).

It was found that the effect of the BCS values of the ewes during the mating period on the birth, weaning and DWG values of the lambs was insignificant. Although these values were not significant, it was determined that while the birth weight of the lambs increased due to the increase in the condition scores of the ewes, the weaning weight values decreased, and a similar situation was determined in the DWG values. The effect of the change in

the BCS of the ewes during the birth period was completely opposite to that in the mating period. Namely, it is seen that birth weight decreases due to the increase in condition score during the birth period, while WW and DWG increase. There are large differences between studies examining the relationship between sheep BCS and lamb weight in different physiological periods. In some studies, this had no effect (Aliyari et al., 2012; Kenyon et al., 2014), while in others it had a significant effect (Jalilian and Moeini, 2013; Corner-Thomas et al., 2015; Sejian et al., 2015).

Table 3. Factors affecting the live weight development of lambs

Traits	N	BW		N	WW		DWG	
		$\bar{X} \pm S\bar{x}$			$\bar{X} \pm S\bar{x}$		$\bar{X} \pm S\bar{x}$	
MA		NS			*		*	
2	29	3.58±0.21		26	27.69±1.55 ^a		0.284±0.016 ^a	
3	56	3.61±0.16		50	25.67±1.25 ^{ab}		0.264±0.013 ^{ab}	
4	27	3.80±0.22		23	22.48±1.56 ^b		0.225±0.016 ^b	
BCS (MP)		NS			NS		NS	
2.0	16	3.30±0.30		15	31.20±2.21		0.312±0.023	
2.5	16	3.32±0.31		14	25.94±2.26		0.262±0.024	
3.0	40	3.78±0.19		34	23.85±1.42		0.242±0.015	
3.5	21	3.73±0.28		17	22.18±2.08		0.232±0.022	
4.0	19	4.19±0.35		19	23.23±2.53		0.238±0.027	
BCS (BP)		NS			NS		NS	
2.0	7	4.06±0.52		6	24.41±3.64		0.248±0.039	
2.5	16	3.76±0.33		13	24.83±2.61		0.253±0.028	
3.0	31	3.79±0.22		26	24.20±1.56		0.248±0.016	
3.5	37	3.42±0.21		34	26.61±1.55		0.271±0.016	
4.0	21	3.28±0.35		20	26.35±2.50		0.267±0.026	
BT		**			*		NS	
Singleton	46	4.44±0.15 ^a		44	27.81±1.06 ^a		0.282±0.011	
Twin	51	3.57±0.15 ^b		44	24.46±1.22 ^b		0.249±0.013	
Triplets	15	2.98±0.30 ^b		11	23.57±2.23 ^{ab}		0.242±0.024	
S		**			*		*	
Female	52	3.43±0.16 ^a		48	23.98±1.22 ^a		0.245±0.013 ^a	
Male	60	3.89±0.15 ^b		51	26.58±1.16 ^b		0.270±0.012 ^b	
WA		-			**		NS	
Short		-		25	21.87±1.46 ^a		0.253±0.015	
Long		-		74	28.69±1.02 ^b		0.262±0.011	
BW		-			**		**	
Light		-		45	22.48±1.17 ^a		0.232±0.012 ^a	
Heavy		-		54	28.08±1.31 ^b		0.283±0.014 ^b	
b ₁		0.0091±0.0248			-0.038±0.173		-0.00072±0.00183	
b ₂		0.0003±0.0303			0.534±0.210*		0.00527±0.00222*	
General	112	3.814±0.092		99	27.865±0.706		0.268±0.007	

** : P<0.01, * : P<0.05 NS: Non significant, MA: Maternal age, BCS: Body condition score, MP: Mating period, BP: Birth period, BT: Birth type, S: Sex, WA: Weaning age, BW: Birth weight, WW: Weaning weight, DWG: Daily weight gain, b₁: linear regression of lamb weight depended on the maternal weight in ram mating period, b₂: linear regression of lamb weight depended on the maternal weight in birth period

In most studies, there is wide variation between studies regarding the effect of BCS on lamb birth weight. This variation is probably due to differences in when body condition is determined, the number of offspring per ewe, and the mother's diet. Fetal growth and lamb birth weight were measured in mid-gestation in Scottish Halfbred, Romney and Coopworth ewes (Kenyon et al., 2011; Verbeek et al., 2012) and in late pregnancy in Scottish Halfbred and Polypay ewes (Al-Sabbagh et al., 1995) was not found to be associated with measured BCS. In a study conducted in Merino sheep, it was stated that BCS during the breeding period had no effect on fetal or placental size (McNeill et al., 1997). In particular, the differences between studies may be due to differences in scoring and timing of the BCS scale, as well as biases that may arise due to feeding during mid or late pregnancy and breastfeeding. At this point, it should not be forgotten that while the LW and BCS of the ewes during the mating period do not affect the lamb's birth weight or weaning weight, the LW and BCS of the ewes at birth may cause significant differences in both the lamb's BW and WW. These approaches necessitate considering how other environmental conditions may change between the periods considered.

The body condition score of ewes is also associated with research results on the growth of lambs until weaning (Thompson et al., 2011) or weaning weight (Al-Sabbagh et al., 1995). Similarly, there are studies reporting that it has no effect. On the contrary, there are studies stating that it has a positive effect on the development of lambs (Kenyon et al., 2011; Mathias-Davis et al., 2013) and weaning weight (Molina et al., 1994). It should also be taken into consideration that this difference between the research results may be due to differences in the timing of body condition measurement, comparison of absolute levels, feeding level and feed quality offered, and the number of lambs born and reared per ewe.

While birth type had a significant effect on the birth and weaning weights of lambs ($P < 0.01$; $P < 0.05$), it was found to have no significant effect on the weaning weight. As is generally the case, the birth and weaning weights of lambs born as singletons are higher than those born with multiples. It is stated that live weights of singleton lambs are higher during the birth and weaning period (Çolakoglu and Özbeyaz, 1999; Esen and Yıldız, 2000). Berger (1997), stated that the mortality rate increases as the number of lambs per ewe increases, and as long as appropriate care is provided for lambs born as singletons or twins, the mortality rate decreases, but the mortality rate increases for lambs born as triplets or multiples.

The effect of sex on the birth, weaning and daily live weight gain values of lambs was found to be significant ($P < 0.01$; $P < 0.05$). Sex differences can be explained by the effect of sexual hormones on animal development, especially affecting body size and fat deposits, as well as muscle and bone tissues (Selaive-Villarroel et al., 2008).

How long the lambs suckle milk from their mothers, or more precisely their weaning age, also has a significant impact on the weaning weight of the lambs and the daily live weight gain values. Weaning age is an environmental factor that constantly varies. Even though the birth dates of the lambs differed, they were weaned on the same date. Therefore, since these values will differ for each lamb, this continuous environmental factor has been converted into discrete form as those below the average (short) and above it (long) by taking into account the average weaning age. As seen in Table 3, those with longer weaning ages had higher weaning live weights ($P < 0.01$), but this difference did not have a significant effect on daily live weight gain. One of the

important factors affecting the weaning weight of lambs is the birth weight of the lambs. Naturally, the weaning weights (28.08 kg) and daily live weight gain values (0.283 kg) of lambs with above-average birth weight were found to be higher than those of lambs with below-average birth weight ($P<0.01$). Cemal et al., (2005), stated in their study that the birth weight of Kıvrırcık lambs has a significant effect on the weaning weight of the lambs.

Live weights of ewes at mating and birth do not have a significant effect on the birth weight of lambs. However, it was revealed that the live weight of the sheep at birth had a significant effect on the weaning and daily live weight gain of the lambs ($P<0.05$). While it is stated in studies that sheep with high live weight generally have lambs with high birth weight, this approach is most likely explained by the fact that heavier sheep do not have the chance to consume more body fat to produce more milk (Aliyari et al., 2012).

Correlations between age, body condition score and live weight of ewes and live weight development of lambs

The correlations between maternal age, LW and BCS values at mating and birth periods, which are the basic criteria of the research, and the live weight development of the lambs (birth, weaning and live weight gain) are given in Table 4.

It is seen that the relationship between MA, LW, BCS (mating-birth) and birth weight of lambs is significant ($P<0.01$). The relationship between live weight and body condition score during the mating period of the ram and the relationship between the values in these periods and birth weight is also important ($P<0.01$; $P<0.05$). The correlations between BCS values at mating and birth of rams and birth, weaning and live weight gain of lambs are significant ($P<0.01$). Finally, the correlations between live weight values, namely birth, weaning and daily live weight gain between birth and weaning period, were found to be significant ($P<0.01$). It can be seen from the MA, LW and BCS values that they do not have a significant effect on the weaning weights of the lambs, other than the live weight at birth. This situation reveals that environmental practices, especially postnatal care, and nutrition, are more effective.

Table 4. Correlation values between age, body condition score and live weight of ewes and live weight development of lambs

Traits	MA	LW (MP)	LW (BP)	BCS (MP)	BCS (BP)	BW	WW
LW (MP)	0.411**						
LW (BP)	0.561**	0.729**					
BCS (MP)	0.447**	0.814**	0.790**				
BCS (BP)	0.588**	0.748**	0.874**	0.852**			
BW	0.269**	0.220*	0.351**	0.304**	0.288**		
WW	0.059	0.120	0.268**	0.148	0.191	0.435**	
DWG	0.145	0.137	0.311**	0.170	0.226*	0.474**	0.912**

*: $P<0.05$; **: $P<0.01$ MA: Maternal age, LW: Live weight, BCS: Body condition score, MP: Mating period, BP: Birth period, BW: Birth weight, WW: Weaning weight, DWG: Daily weight gain

There are many studies showing a positive correlation between BCS during the mating season and reproductive performance (Atti et al., 2001; Sejian et al., 2010; Yılmaz et al., 2011). It has been associated with higher prenatal losses (West et al. 1989), neonatal deaths (Nordby et al., 1986) and lower viability values in sheep with low body condition scores Thompson and Meyer (2006). The ideal BCS value during the mating period is 2.5 in Cheviot sheep (Gunn et al., 1991), 3.0 in Manchega sheep (Molina et al., 1994) and 3.0–3.5 in Malpura sheep (Sejian et al., 2010). It is stated that it should be between 2.0-3.0 in Kıvrıkcık sheep (Yılmaz et al., 2011).

In a study conducted on Awassi sheep, it was stated that there was a positive correlation ($r = 0.93$) between BCS during the mating period and the live weights of the ewes during the lambing and weaning periods, and that the twin birth rate increased in parallel with the increase in BCS in Lincoln Longwool sheep (Hossamo et al., 1986; Barth and Neumann, 1991). Correlation values between LW and BCS in Kıvrıkcık, Sakız and Gökçeada sheep during the mating period were 0.875, 0.765 and 0.814, respectively ($P < 0.01$); In the lambing period, these values are 0.720, 0.663 and 0.337 ($P < 0.01$; $P < 0.05$), respectively, and the values of 0.814 and 0.874 found in both periods as a result of the research are close to the results given for Kıvrıkcık sheep (Sezenler et al., 2011).

In another study conducted on Manchega sheep, the age criterion had a significant effect on live weights during the mating, lambing and weaning periods, and on the other hand, there were significant correlation values between BCS and LW in the considered periods (Molina et al., 1994). In this study, it was determined that the body condition score has a significant effect on the live weight of sheep and that the live weight can be increased by improving this value. At this point, the high correlation determined between the LW and BCS values ($r = 0.748-0.874$) during the mating and birth period of the weaning that live weight is suitable as an indicator of the degree of fatness (*BCS*) in the animal due to the differences in the size and skeletal structure of the sheep.

Conclusion

In sheep breeding herd management, reproductive characteristics and its effects on the economy are a feature that directly affects the profitability of businesses. In this study, other environmental factors, especially the age of the dam, body weight, body condition and nutrition, form the basis of sheep breeding and herd management. These factors also have a significant impact on profitability based on the number of lambs marketed per ewe in the herd based on reproductive performance. To optimize the productivity of sheep, it is important to have simple and reliable indicators to evaluate the nutritional level of sheep and decide when and how to supplement the flock. The results obtained may shed light on planning for the regulation of selection and mating periods in sheep.

Acknowledgments

This study was produced from Farida Ibrahim NAGEYE's Master Thesis.

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

Research and Publication Ethics were followed in this study.

Ethics committee approval was obtained with the decision letter of Bursa Uludağ University Animal Experiments and Local Ethics Committee (2019-05/06).

References

- Abboud, M.G. 2007. Effect of Different Body Condition Score on the Reproductive Performance of Awassi Sheep. PhD thesis, der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Ada, M., Ceyhan, A. Sezenler, T., Özder M. and Köycü E. 2004. Effect of the flushing on reproductive performance of Kivircik ewes in different body conditions at breeding period. *Journal Agricultural Faculty Cukurova University*, 19 (1): 89-96.
- Aktaş, A.H. and Doğan, Ş. 2014. Effect of live weight and age of Akkaraman ewes at mating on multiple birth rate, growth traits , and survival rate of lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 182:176-82.
- Aktaş, A.H., Dursun, S. Dogan, Ş., Kiyma, Z., Demirci, U. and Halici, I. 2015. Effects of ewe live weight and age on reproductive performance, lamb growth, and survival in central anatolian merino sheep. *Archives Animal Breeding*, 58(2): 451-59.
- Aliyari, D., Mohammad M.M., Mohammad H.S. and Mohammad A.S. 2012. Effect of body condition score, live weight and age on reproductive performance of Afshari ewes. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(9): 904-909.
- Al-Sabbagh, T.A., Swanson, L.V. and Thompson, J.M. 1995. The effect of ewe body condition at lambing on colostrum immunoglobulin G concentration and lamb performance. *Journal of Animal Science*, 73 (10): 2860–2864.
- Altınçekiç Ş.Ö. and Koyuncu, M. 2017. Anöstrustaki Kıvırcık ırkı koyunlarda CIDR ve Prostaglandin uygulamalarının üreme performansı üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 14(1): 9-15.
- Atti, N., Nefzaoui A. and Boquier F. 1995. Effect of lambing body condition score on performance, energetic balance and plasma metabolites levels in Barbary ewes: Options Mediterranean's. (Editor: Purroy A.A.) 27: 25–33.
- Atti, N., Theriez M. and Abdennebi, L. 2001. Relationship between ewe body condition at mating and reproductive performance in the fat-tailed Barbarine breed, *Animal. Research*, 50, 135-144.
- Barth, K. and Neumann, D. 1991. BCS is superior to BW data. The effects of BW and body condition on fertility in ewes. *Tierzucht*, 45 (5): 224-225.

- Berger, Y.M. 1997. Lamb mortality and causes-A nine-year summary at the Spooner Agricultural Research Station, in: Proceedings of the 45th Annual Spooner Sheep Day, University of Wisconsin- Madison, USA, 23 August 1997, 33–40.
- Bıçer, O. 1991. Koyunlarda vücut kondisyon puanlaması ve koyun yetiştiriciliğinde önemi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6:81–88.
- Cemal, I., Karaca, O. and Altın, T. 2005. Live weights of Kivircik ewes and lambs in some periods under extensive management conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 29:1329–1335.
- Corner-Thomas, R.A., Ridler, A.L., Morris, S.T. and Kenyon, P.R. 2015. Ewe lamb live weight and body condition scores affect reproductive rates in commercial flocks. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 58(1):26–34.
- Çam M.A., Olfaz, M. and Soydan E. 2010. Body measurements reflect body weights and carcass yields in Karayaka sheep. *Asian Journal of Animal Veterinary Advances*, 5: 120-127.
- Çolakoglu, N. and Özbeyaz, C. 1999. Akkaraman ve Malya koyunlarının bazı verim özelliklerinin karşılaştırılması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 23:351–60.
- Davoud, A., Moeini M.M., Shahir M.H. and Sirjani M.A. 2012. Effect of body condition score, live weight and age on reproductive performance of Afshari ewes, *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7 (9): 904-909.
- Demirel, M., Kurbal, O.F., Aygun, T., Erdogan, S., Bakici, Y., Yılmaz, A. and Ulker, H. 2004. Effects of different feeding levels during mating period on the reproductive performance of Norduz ewes and growth and survival rate of their lambs. *Journal of Biological Sciences*, 4: 283-287.
- Dimova, N., Ivanova, I.V., Mihailova, M., Djorbineva, M. and Peeva, Z.H. 2008. Variation in Body condition score and live weight in ewes with different physiological status. International scientific conference of Union of scientists – Stara Zagora, June 2008 (cd).
- Duru S. and Koyuncu M. 2005. İmroz kuzularının doğum ağırlığına ait direkt ve anaya bağlı etkiler için varyans unsurları ve genetik parametre tahminleri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 19(2): 13-21.
- Duymaz, Y. 2020. Kıvırcık koyunlarında anöstrus döneminde farklı senkronizasyon yöntemlerinin döl verimi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri, Zootekni Anabilim Dalı, Bursa.
- Edwards, S.J., Juengel, J.L., Connell, A.R.O., Johnstone, P.D., Farquhar, P.A. and Davis, G.H. 2015. Attainment of puberty by ewes in the first year of life is associated with improved reproductive performance at 2 years of age. *Small Ruminant Research*, 123 (1):118-23.
- Everett-Hincks J.M., Stevens D.R., Rendel J.M., Smith T.R. and Smith P.J., 2013. The effect of ewe pre-lamb body condition on triplet lamb performance in a commercial flock. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 73: 126-130.
- Gaskins, C.T., Snowden, G.D., Westman, M.K. and Evans, M. 2005. Influence of body weight, age, and weight gain on fertility and prolificacy in four breeds of ewe lambs. *Journal of Animal Science*, 83(7):1680-89.

- Gordon, I. 1997. Controlled reproduction in sheep and goats. *Publisher: Oxford Univ.*, 23(2):129-137.
- Gunn, R.G. and Doney, J.M. 1975. The interaction of nutrition and body condition at mating on ovulation rate and early embryo mortality in scottish blackface ewes. *Journal Agricultural Science Cambiridge*, 85: 465-470.
- Gunn, R.G., Maxwell, T.J., Sim, D.A., Jones, J.R. and James, M.E. 1991. The effect of level of nutriton prior to mating on the reproductive performance of ewes of two Welsh breeds in different levels of body condition. *Animal Production*, 52: 157-163.
- Hatcher, S., Graham, P., Nielsen, S. and Gilmour, A. 2007. Fat score of ewes at joining: the benefits of optimal nutrition, www.dpi.nsw.gov.au. (Date of access: 19.10.2019)
- Hossamo, H.E., Owen, J.B. and Farid, M.F.A. 1986. Body condition score and production in fat tailed Awassi sheep under range conditions. *Agricultural Research and Development*, 3 (2): 99-104.
- Ivanova, I.V., Dimova, N., Slavova, P. and Laleva, S. 2008. Influence of physiological status over Body condition score and live weight in sheep from Trakia merino breed. Collection of scientific reports from International scientific conference "80 years agricultural science in the Rodopi mauntain", Smolian, 86-90.
- Jalilian, M. and Moeini, M. 2013. Effect of Body Condition Score and Body Weight of Sanjabi Ewes on Immune System, Productive and Reproductive Performance. *Acta Argiculturae Slovenica*, 102 (2):99-106.
- Karakuş, K. and Cengiz, F. 2007. Ergin Norduz ve Karakaş Koçlarında Spermatolojik Özelliklerin Döl Verimine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 17 (1) : 7-15.
- Karakuş, K. and Aşkın, Y. 2007. Anadolu Merinosu ve Malya koyunlarında kızgınlığın toplulaştırılması ve bazı döl verimi özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 17(1): 17-20.
- Kenyon, P.R., Morris, S.T., Stafford, K.J. and West, D.M., 2011. The effect of ewe body condition and nutrition in late pregnancy on the performance of triplet-bearing ewes and their progeny. *Animal Production Science*, 51:557–564.
- Kenyon, P.R., Maloney, S.K. and Blache, D. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57(1): 38-64.
- Kleemann, D. and Walker, S. 2005. Fertility in South Australian Commercial Merino Flocks : Relationships between Reproductive Traits and Environmental Cues. *Theriogenology*, 63:2416–2433.
- Mathias-Davis, H.C., Shackell, G.H., Greer, G.J., Bryant, A.I. and Everett-Hincks, J.M. 2013. Ewe body condition score and the effect on lamb growth rate. *Proceedings New Zealland Society Animal Production*, 73: 131–135.
- Maurya, V.P., Kumar, S., Kumar, D., Gulyani, R., Joshi, A., Naqvi, S.M.K. and Singh, V.K. 2009. Effect of body condition score on reproductive performance of Chokla ewes. *Indian Journal Animal Science*, 79(11):1136-1138.

- McNeill, D.M., Kelly, R.W. and Williams, I.H. 1997. The partition of nutrients in ewes maintained in a moderate compared with a lean body condition in late pregnancy. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48: 743–752.
- Merrell, B. 1990. New Developments in Sheep Production (BSAP Symposium, Malvern):The effect of duration of flushing period and stocking rate on the reproductive performance of scottish blackface ewes. Editörler: Slade C. F. R., Lawrence, T. L. J, s. 138-141.
- Michels, H., Docuyper, E. and Onagbesan, O. 2000. Litter size, ovulation rate and prenatal survival in relation to ewe body weight: Genetics review. *Small Ruminant Research*, 38(3):199–209.
- Minitab, 2014. Minitab for Windows. Version17. Minitab.Inc., United States.
- Moeini, M.M., Moghaddam, A.A., Bahirale, A. and Hajarian, H. 2007. Effects of breed and progestin source on estrus synchronization and rates of fertility and fecundity in Iranian Sanjabi and Lori ewes. *Pakistan Journal Biological. Scences, PJBS*, 10 (21): 3801-3807.
- Molina, A., Gallego, L. and Torres, A. 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of manchega ewes. *Small Ruminant Research*, 14(3): 209-217.
- Nordby, D.J., Field, R.A., Riley, M.L., Johnson, C.L. and Kercher, C.J. 1986. Effects of maternal undernutrition during early pregnancy on postnatal growth in lambs. *Proceedings of Western Section of American Society for Animal Science*, 37: 92.
- Notter, D.R. 2000. Effects of ewe age and season of lambing on prolificacy in us Targhee, Suffolk, and Polypay sheep. *Small Ruminant Research*, 38:1-7.
- Oldham, C.M., Thompson, A.N., Ferguson, M.B., Gordon, D.J., Kearney, G.A. and Paganoni, B.L., 2011. The birth weight and survival of merino lambs can be predicted from the profile of live weight change of their mothers during pregnancy. *Animal Production Science.*, 51: 776–783.
- Özdüven, L., Özder, M., Yurtman, Y.İ. and Arık İ.Z. 1997. Türkgeldi Koyunlarında Canlı Ağırlık ve Kondisyon Puanı Arasındaki İlişkiler. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10:129-135.
- Ptacek, M., Duchacek, J., Stadník, L. and Fantova, M. 2017. Effects of age and nutritional status at mating on the reproductive and productive traits in suffolk sheep kept under permanent outdoor management system. *Czech Journal Animal Science*, 62 (5):211-218.
- Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M.K., Kumar, D. and Joshi, A. 2010. Effect of induced body condition score differences on physiological response , productive and reproductive performance of malpura ewes kept in a hot , semi-arid environment. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94:154-161.
- Sejian, V., Maurya, V.P., Prince, L.L.L., Kumar, D., Naqvi and S.M.K. 2015. Effect of body condition score on the allometric measurements and reproductive performance of Garole x Malpura ewes under hot semi-arid environment. *Journal of Dairy Veterinary Animal Research*, 3(1):1-4.

- Selaive-Villarroel, A.B., Maciel, M. and Oliveira, N. 2008. Effects of weaning age and weight on lamb growth rate of Morada Nova breed raised in a tropical extensive production system. *Ciência Rural, Santa Maria*, 38:784–88.
- Sezenler, T., Köycü, E, Özder, M., Karadağ, O. and Erdoğan, İ. 2007. Karacabey Merinosu koyunlarında yaş ve vücut kondisyon puanının kimi döl verim özelliklerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(3):277-281.
- Sezenler, T., Özder, M., Yıldırım, M., Ceyhan, A. and Yüksel, M.A. 2011. The relationship between body weight and body condition score some indigenous sheep breeds in Turkey. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21: 443-447.
- Sidwell, G., Everson, D. and Terril, C. 1962. Fertility, prolificacy and lamb livability of some pure breeds and their crosses. *Journal of Animal Science*, 21(4):875-879.
- Slavova, P., Dimova, N., Ivanova, I., Peeva Z.H., Laleva, S., Popova, Y. and Vasilev, V. 2010. Relation between fertility and Body condition score and wool production in sheep from Trakia Merino breed. 20 th Anniversary International Scientific Conference, 3-4 June, Stara Zagora, Bulgaria. Volume I, Agricultural science, Animal studies & Veterinary Medicine, 68-75.
- Sönmez, R. and Kaymakçı, M. 1987. Koyunlarda Döl Verimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 404.
- Thomson, B.C., Muir, P.D. and Smith, N.B. 2004. Litter size, lamb survival, birth and twelve week weight in lambs born to crossbred ewes. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 66:233–237.
- Thompson, J. and Meyer, H. 1994. Body Condition Scoring of Sheep. <http://smallfarms.oregonstate.edu/sfn/spg09livestock> Erişim tarihi: (Date of access: 15.02.2018).
- Thompson, J. and Meyer, H. 2006. Body condition scoring of sheep. Proc. 52nd Bien. Spooner Sheep D. Page: 28 Reprinted from: <http://oregonstate.edu/dept/animal-sciences/bcs.htm> (Date of access: 26.12.2018).
- Thompson, A.N., Ferguson, M.B., Campbell, A.J.D., Gordon, D.J., Kearney, G.A. and Oldham, C.M., 2011. Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy and lactation increases weaning weight and survival of progeny but does not affect their mature size. *Animal Production Science*, 51: 784–793.
- Van der Westhuizen, J.M., Wentzel, D. and Grobler, M.C. 2004. Reproduction. In: Angora goats and mohair in South Africa – 2004 Revised ed. Mohair South Africa, P.O. Box 2243, Port Elizabeth 6056, South Africa.
- Vatankhah, M., Talebi, M.A. and Zamani, F. 2012. Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive and productive traits in Lori-Bakhtiari sheep. *Small Ruminant Research*, 106:105-109.
- Verbeek, E., Waas, J.R., Oliver, M.H., McLeay, L.M., Ferguson, D.M. and Matthews L.R., 2012. Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: behavioural, metabolic and endocrine considerations. *Hormones and Behaviour*, 62: 162–172.

- Walkom, S.F., Brien, F.D., Hebart, M.L., Fogarty, N.M., Hatcher, S. and Pitchford, W.S. 2014. Season and reproductive status rather than genetics factors influence change in ewe weight and fat over time. 1. Analysis of crossbred ewes. *Animal Production Science*, 54: 802–813.
- West, K.S., Meyer, H.H. and Sasser, R.G. 1989. Ewe body condition and nutrition effects on embryonic loss. *Journal of Animal Science*, 67 (1): 424-430.
- Yılmaz, M., Altın, T. and Karaca, O. 2011. Effect of body condition score at mating on the reproductive performance of Kivircik Sheep under an Extensive Production System. *Tropical Animal Health Production*, 43:1555-1560.



Crop Type Classification using Sentinel 2A-Derived Normalized Difference Red Edge Index (NDRE) and Machine Learning Approach

Bere Benjamin BANTCHINA^{1*}, Kemal Sulhi GÜNDOĞDU²

Abstract: Satellite remote sensing (RS) enables the extraction of vital information on land cover and crop type. Land cover and crop type classification using RS data and machine learning (ML) techniques have recently gained considerable attention in the scientific community. This study aimed to enhance remote sensing research using high-resolution satellite imagery and a ML approach. To achieve this objective, ML algorithms were employed to demonstrate whether it was possible to accurately classify various crop types within agricultural areas using the Sentinel 2A-derived Normalized Difference Red Edge Index (NDRE). Five ML classifiers, namely Support Vector Machines (SVM), Random Forest (RF), Decision Tree (DT), K-Nearest Neighbors (KNN), and Multi-Layer Perceptron (MLP), were implemented using Python programming on Google Colaboratory. The target land cover classes included cereals, fallow, forage, fruits, grassland-pasture, legumes, maize, sugar beet, onion-garlic, sunflower, and watermelon-melon. The classification models exhibited strong performance, evidenced by their robust overall accuracy (OA). The RF model outperformed, with an OA rate of 95% and a Kappa score of 92%. It was followed by DT (88%), KNN (87%), SVM (85%), and MLP (82%). These findings showed the possibility of achieving high classification accuracy using NDRE from a few Sentinel 2A images. This study demonstrated the potential enhancement of the application of high-resolution satellite RS data and ML for crop type classification in regions that have received less attention in previous studies.

Keywords: Classification, Crop Type, Machine Learning, NDRE, Remote Sensing, Sentinel 2A.

¹ This study did not require approval from the ethics committee. The article was prepared in accordance with research and publication ethics.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Department of Biosystems Engineering, Natural and Applied Sciences Institute, Bursa Uludağ University, Bursa, Turkey, ben.bantchina@gmail.com, [OrcID 0000-0002-2593-426X](https://orcid.org/0000-0002-2593-426X)

² Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University, Bursa, Turkey, kemalg@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-5591-4788](https://orcid.org/0000-0002-5591-4788)

Sentinel 2A Uydu Görüntüsünden Normalleştirilmiş Fark Kırmızı Kenar İndeksi (NDRE) Kullanılarak Tarımsal Ürünlerin Makine Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Öz: Uzaktan algılama, arazi örtüsü ve bitki türleriyle ilgili kritik bilgilerin edinilmesini sağlayarak tarım alanındaki araştırmalara önemli katkılar sunmaktadır. Son zamanlarda, uzaktan algılama verileri ve makine öğrenimi algoritmaları aracılığıyla arazi örtüsü ve ürün türlerinin sınıflandırılması konusu büyük ilgi çekmektedir. Bu çalışmanın ana amacı, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve makine öğrenimi yaklaşımını kullanarak uzaktan algılama araştırma alanını geliştirmektir. Bu hedefe ulaşmak adına, Sentinel 2A'dan elde edilen Normalleştirilmiş Fark Kırmızı Kenar İndeksi (NDRE) ile tarım alanlarındaki çeşitli ürün türlerinin etkili bir şekilde sınıflandırılmasının mümkün olup olmadığını değerlendirmek amacıyla çeşitli makine öğrenimi yöntemleri kullanılmıştır. Karar Ağaçları (KA), Destek Vektör Makineleri (DVM), Rastgele Orman (RO), K-En Yakın Komşular (KEYK) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) dahil olmak üzere beş makine öğrenimi sınıflandırıcı algoritması uygulanmıştır. Analizde değerlendirilen hedef arazi örtüsü sınıfları arasında tahıllar, nadas, yem bitkileri, meyveler, çayır-mera, baklagiller, mısır, şeker pancarı, soğan-sarımsak, ayçiçeği ve karpuz-kavun bulunmaktadır. Elde edilen sınıflandırma modelleri, yüksek doğruluk oranları ile güçlü bir performans sergilemiştir. RF modeli %95'lik genel doğruluk (OA) oranı ve %92'lik Kappa skoru ile en yüksek performans göstermiştir. Bunu sırasıyla %88, %87, %85 ve %82 OA ile KA, KEYK, DVM ve ÇKA takip etmiştir. Bu bulgular, az sayıda Sentinel 2A görüntüsünden NDRE kullanılarak yüksek sınıflandırma doğruluğu elde edilebileceğini göstermektedir. Bu çalışma, yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu uzaktan algılama verileri ve makine öğrenimi algoritmalarının, mahsul türü sınıflandırması için potansiyel bir gelişim sağlayabileceğini doğrulamıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenme, NDRE, Sınıflandırma, Tarımsal Ürünlerin, Sentinel 2A, Uzaktan Algılama.

Introduction

The incorporation of cutting-edge technologies into agriculture is essential for accurate and effective crop management. The emergence of remote sensing, specifically the Sentinel and Landsat satellites, has provided opportunities for detailed research using high-resolution imagery. The use of remote sensing data and machine learning techniques for the classification of crop types has gained considerable interest in recent years. Scientists have investigated the utilisation of Sentinel-2 data for crop mapping and vegetation monitoring. Sentinel imagery time series, characterised by a brief return time and superior spatial resolution, has demonstrated significant promise in crop classification, particularly in areas prone to frequent cloud cover (Cuenca et al., 2020). Several

studies have investigated the application of various machine learning algorithms to classify land use/land cover and crop types. Machine learning techniques, such as k-nearest neighbors (KNN), random forest (RF), support vector machine (SVM), and deep recurrent neural network approaches, have been investigated for land cover classification using remote sensing data (Zhou et al., 2017; Ndikumana et al., 2018; Sitokonstantinou et al., 2018; Mustak et al., 2019; Yang et al., 2019; Abubakar et al., 2020). These studies have emphasised the significance of classification algorithms and the capacity of machine learning approaches to achieve precise crop mapping by utilising remote sensing data (Sonobe et al., 2018; Sonobe, 2019; Yang et al., 2019; Ren et al., 2020; Mashaba-Munghemezulu et al., 2021). These approaches have contributed to the early mapping of crops (Tian et al., 2021) and land cover mapping (Pech-May et al., 2022).

Furthermore, the use of deep learning models and ensemble learning techniques has been proposed for fine crop classification and identification, demonstrating their potential for accurate and detailed crop mapping (Li et al., 2020; Lu et al., 2022; Liu et al., 2022; Mazarire et al., 2022) in heterogeneous agricultural landscapes.

Therefore, the examined literature demonstrates the significance of employing machine learning and classification algorithms and integrating remote sensing data with crop models to classify crop types accurately. Hyperspectral imaging and deep learning algorithms have been identified as viable methods for crop classification. Numerous technologies and methodologies exist for accurately mapping crops using remote sensing data. Nevertheless, additional studies are required to integrate dense time series of remote sensing data, categorise a wide array of crop varieties on a larger scale, and offer a comprehensive understanding of classification certainty and effectiveness during the cultivation period. Additional research is required, particularly in numerous regions of the world, which have yet to receive much scrutiny from researchers.

In addition, vegetation indices derived from the spectral reflectance of crops captured by high-resolution remote sensing offer a wealth of information regarding plant health, growth, and composition (Gündoğdu & Bantchina, 2018). The complex subtleties of these indices function as excellent indicators for differentiating between different crop varieties, offering a non-intrusive method for monitoring large-scale agricultural landscapes. Incorporating machine learning algorithms into this framework signifies a fundamental change in agricultural classification approaches.

Different remote sensing approaches can be used for monitoring vegetation and primary production dynamics. The aim of the present study was to evaluate the capability of Sentinel-2A-derived Normalized Difference Red Edge Index (*NDRE*) to classify crop type accurately using seven imagery and machine learning algorithms agricultural land. The studied crops included cereals, fallow, forage, fruits, grassland-pasture, legumes, maize, sugar beet, onion-garlic, sunflower, and watermelon-melon. The classification performance of various ML classifiers, including Random Forest (*RF*), Support Vector Machines (*SVM*), K-Nearest Neighbours (*KNN*), Decision Tree (*DT*), and Multi-Layer Perceptron (*MLP*) classifiers, were investigated.

Materials and Methods

Study site

This study was conducted in Uluabat Village, located in the Karacabey District of Bursa Province, northwest Turkey. The study site covers an area of 16.01 km² and lies between latitudes 40°11'4.28"N and 40°12'1.46"N and longitudes 28°23'27.20"E and 28°27'266"E (Figure 1). The climate of the study area has characteristics of a Marmara transition-type Mediterranean climate. Precipitation occurs mainly during spring and in the form of snow during winter. The coldest month of the year is February, and the hottest month is July. Although the vegetation covering the soils of the study area provides the general characteristics of the Marmara Region, regions close to the sea and rural areas show differences. Alluvial soils generally exist in and around Karacabey (Bantchina et al., 2017). In the study area, maize, pulses, tomatoes, fodder crops, orchards, sugar beets, meadows, pastures, and fruits are cultivated with minor changes yearly.

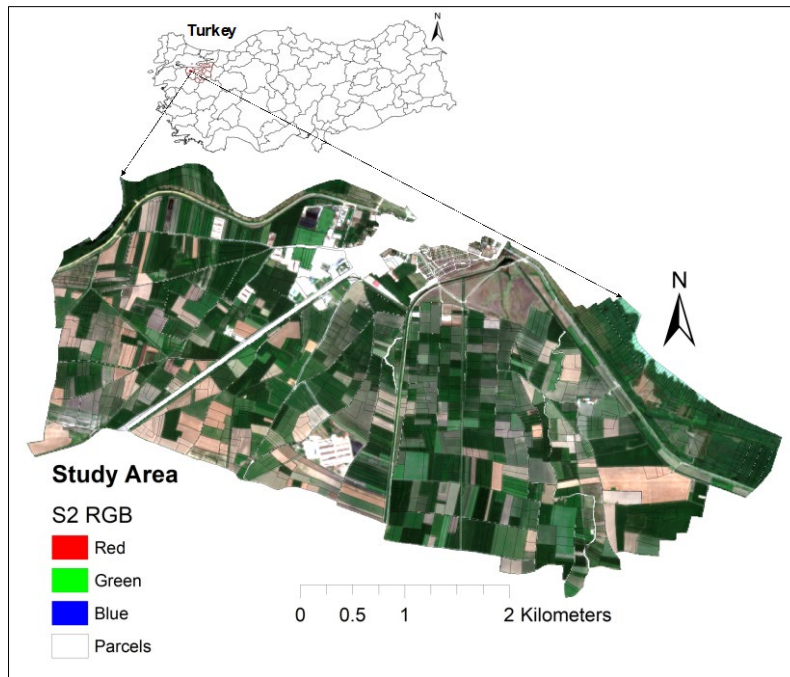


Figure 1. Sentinel 2A RGB imagery of the study area

Ground truth data

The data used in this study were obtained from the Karacabey Irrigation Union, where the crop types declared by farmers on a parcel basis during the cultivation period were collected. These declarations were cross-referenced with onsite observations to validate their accuracy. Field investigations were conducted during the 2022 crop season. During the field investigation, the coordinates of the samples and the crop types were recorded. The established crop patterns from the field observations and parcel maps were processed using ArcGIS ArcMap 10.8 (ESRI, Redlands, California, USA) software. After preprocessing, 1233 fields with different crop types

were considered. The final dataset with parcel numbers and the distribution of pixel numbers for the different crops are listed in Table 1.

Table 1. Parcels and pixels number per crop type

Crop Types	Number of Parcels	Number of Pixels
Cereals	69	7719
Fallow	114	9954
Forage	87	8875
Fruits	3	133
Grassland - Pasture	22	6984
Legumes	169	19424
Maize	694	63641
Onion-Garlic	23	1810
Sugar Beet	4	357
Sunflower	12	1522
Watermelon-Melon	36	10236
Total	1233	130655

Sentinel 2A-Derived Normalized Difference Red Edge Index (NDRE)

Sentinel-2A imagery was used in this study. Sentinel-2A provides high-resolution optical imagery of Earth's surface. These scenes were downloaded from <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. This study used seven images of 29 April, 12 May, 18 June, 18 July, 10 August, 16 September, and 09 October 2022 covering the study area, all atmospheric corrected and cloudless. These seven images were selected by considering one per month to demonstrate if a small number of images could achieve good classification accuracy.

Vegetation indices (*VI*s) derived from Sentinel-2A data are widely used in remote sensing and environmental monitoring to assess vegetation health, growth, and productivity. The Normalized Difference Red Edge Index (NDRE) was used in this study. NDRE (Hardisky et al., 1983) is a vegetation index commonly used in remote sensing to assess plant health and monitor crop productivity. Unlike traditional vegetation indices that rely on red and near-infrared (*NIR*) bands, NDRE is calculated using NIR and red-edge (*RE*) spectral bands, which are sensitive to changes in plant chlorophyll content and leaf structure. In this study, 10 m spatial resolution bands (band 8, NIR) and 20 m resolution bands (band 8A, RE) were selected for each scene. To maintain consistency, bands with distinct 20 m resolutions were resampled (downscaled) to a uniform 10 m resolution for NDRE calculation using SNAP. The formula for NDRE is as follows:

$$NDRE = \frac{(NIR - RE)}{(NIR + RE)}$$

Where:

- NIR is the reflectance in the near-infrared spectral band
- RE is the reflectance in the red-edge spectral band

NDRE values range from -1 to 1, with higher values indicating healthier and more photosynthetically active vegetation.

The established crop patterns from field observations were integrated into the attribute table of the parcel map using ArcGIS ArcMap 10.8 (ESRI, Redlands, California, USA). Vector-based data were further transformed into a raster pixel format. The NDRE values were calculated using the Python window in ArcMap 10.8 software using spectral bands, as shown in Figure 2.

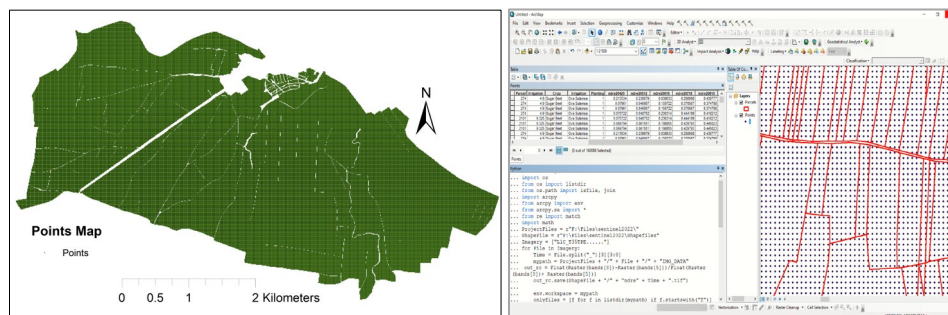


Figure 2. Data processing into ArcGIS ArcMap software

The data were exported in an Excel worksheet format, with each row containing information on a distinct pixel and column encompassing the parcel number. The final dataset, with 130655 rows/pixels, was curated for training and testing purposes by using the ML algorithms.

Machine Learning Classifier Algorithms

In this study, five machine learning classifier algorithms, namely, Random Forest (*RF*), Decision Tree (*DT*), Support Vector Machines (*SVM*), K-nearest Neighbors (*KNN*), and Multi-Layer Perceptron (*MLP*), were used for classification. The five classifier algorithms were as follows:

Random Forest (*RF*)

RF is a machine learning technique that utilises an ensemble of decision trees to generate predictions (Arora et al., 2022). Every decision tree in RF is trained on a random subset of the training data and a random subset of the input features (Strobl et al., 2007).

Decision Tree (*DT*)

DT is used for regression and classification tasks. These are intuitive and interpretable models that make predictions by recursively partitioning the feature space based on the values of input features (Izza et al., 2022).

Every internal node of a tree is a decision based on a specific feature, and every leaf node is a predicted value or class label (Mahynski et al., 2022).

Support Vector Machines (SVM)

SVM is a powerful and widely used supervised machine learning algorithm for classification tasks. SVMs have been particularly effective in handling high-dimensional data with limited training samples, making them suitable for applications such as hyperspectral image classification (Ghamisi et al., 2017).

K-Nearest Neighbors (KNN)

KNN is a simple yet effective method that determines the class of a query example by identifying its nearest neighbors in the training dataset (Cunningham & Delany, 2021). The KNN algorithm assigns the class label of most of its k-nearest neighbors to the query example, where k is a parameter defined by the user (Jensen & Cornelis, 2008).

Multi-Layer Perceptron (MLP)

MLP is a type of artificial neural network (ANN) that has been extensively applied in various domains, including computer science (LeCun et al., 1998), artificial intelligence (Rumelhart et al., 1986), statistics (Pham et al., 2019), and geophysics (Hajian et al., 2011). The MLP is trained using a back-propagation algorithm, which is a successful gradient-based learning technique (Haykin & Kosko, 2009).

Classification Models Implementation

The classification models were trained using Python programming on Google Collaboratory. The dataset was split into training and test sets using an 80:20 partition. Hyperparameters were set before the learning process began. When tuning the hyperparameters, a grid search technique was used to determine the optimal combination for each crop type classification. The hyperparameters for each classifier algorithm used in this study are listed in Table 2.

Table 2. ML hyperparameters used for modelling in this study

ML Models	Best hyperparameters used
Random Forest	<code>{'criterion': 'gini', 'max_depth': 75, 'min_samples_leaf': 2, 'min_samples_split': 10, 'n_estimators': 50}</code>
Support Vector Machines	<code>{'C': 1, 'degree': 2, 'gamma': 'scale', 'kernel': 'linear', 'probability': True, 'shrinking': True}</code>
K-Nearest Neighbors	<code>{'metric': 'euclidean', 'n_neighbors': 10, 'weights': 'distance'}</code>
Decision Tree	<code>{'criterion': 'entropy', 'max_depth': 10, 'min_samples_leaf': 10, 'min_samples_split': 5}</code>
Multi-Layer Perceptron	<code>{'activation': 'tanh', 'alpha': 0001, 'hidden_layer_sizes': (100,), 'learning_rate': 'constant', 'solver': 'adam'}</code>

Models Accuracy Assessment

Assessing the accuracy of machine learning models in crop type classification is crucial for understanding how well the model performs and whether it suits the classification task. Statistical tools were used to evaluate the accuracy of the classification models. The evaluation metrics used were as follows:

Confusion Matrix is a tool used in machine learning and classification to assess the performance of a classification model. It provides a way to visualise the performance of a model by summarising the results of its predictions on a dataset, particularly in the context of binary (two-class) classification problems. A confusion matrix was built based on the concepts of true positives, true negatives, false positives, and false negatives. True Positives (*TP*): These are instances that are correctly predicted as positive by the model. In other words, the model correctly identifies instances from the positive class. True Negatives (*TN*): These are instances that are correctly predicted as negative by the model. The model correctly identifies instances from the negative class. False Positives (*FP*): These are instances that are incorrectly predicted as positive by the model but actually belong to the negative class. False Negatives (*FN*): These are instances that are incorrectly predicted as negative by the model but actually belong to the positive class. A confusion matrix is usually presented in tabular form with two classes, "positive" and "negative," along with the actual and predicted labels (Table 3).

Table 3. Confusion Matrix format

	<i>Actual Positive</i>	<i>Actual Negative</i>
<i>Predicted Positive</i>	<i>TP</i>	<i>FP</i>
<i>Predicted Negative</i>	<i>FN</i>	<i>TN</i>

From this confusion matrix, performance metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score were calculated to evaluate the performance of the classification models. **Overall Accuracy (OA)** measures the proportion of correctly classified instances among all instances. **Precision (P)** measures the number of predicted positive instances that are actually positive. **Recall (R)** indicates how well the model captures all positive instances. **F1-Score** is the harmonic mean of Precision and Recall, providing a balanced measure between the two. The **Kappa score (K)**, also known as Cohen's Kappa coefficient, has been widely used as an inter-rater reliability metric in machine learning and is particularly valuable in evaluating the performance of classification models. Collectively, these metrics help understand the strengths and weaknesses of the classification model used in this study and make informed decisions about its performance and potential improvements (Muntean & Militaru, 2023). The formulae for the performance metrics are listed in Table 4.

Table 4. Model performance evaluation metrics

<i>Performance Metrics</i>	<i>Formula</i>
Overall Accuracy (OA)	$\frac{TP + TN}{(TP + TN + FP + FN)}$
Precision (P)	$\frac{TP}{(TP + FP)}$
Recall (R)	$\frac{TP}{(TP + FN)}$
F1-Score	$2 * \frac{P * R}{(P + R)}$

True Positives (TP), True Negatives (TN), False Positives (FP), False Negatives (FN)

Results and Discussions

Quantitative Classification Performance Results

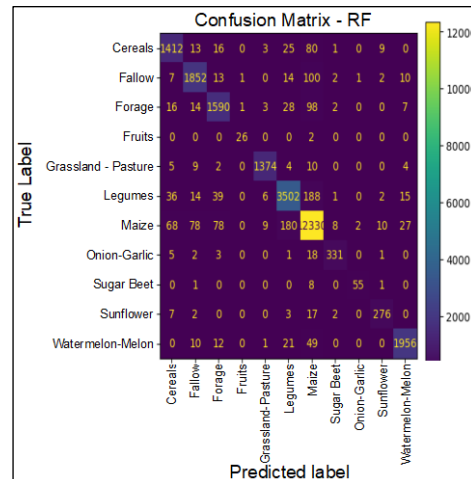
Quantitative results for the five machine learning classifiers used in this study to classify cereals, fallow, forage, fruits, grassland-pasture, legumes, maize, sugar beet, onion-garlic, sunflower, and watermelon-melon in Uluabat village are presented in this section. Quantitative results are summarised using the performance metrics Precision, Recall, F1-score, Overall Accuracy (OA), and Kappa score (K). The confusion matrix and its significance in evaluating the performance of the models are presented.

Random Forest Classifier (RF) Model Accuracy

The Random Forest (RF) model demonstrated remarkable accuracy by achieving an OA of 95%. The highest performance in terms of Precision was observed in the Grassland-Pasture fields with 98% Precision. This model exhibited a robust capability to classify all crop types correctly by exhibiting strong performance, particularly in terms of Precision, Recall, F1-score, and Kappa score (92%). Table 5 shows the accuracy of the RF model for the studied crops.

Table 5. Performance metrics of the RF model

<i>Crop Type</i>	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>
Cereals	91	91	91
Fallow	93	93	93
Forage	91	90	91
Fruits	93	93	93
Grassland - Pasture	98	98	98
Legumes	93	92	92
Maize	96	96	96
Onion-Garlic	95	92	94
Sugar Beet	95	85	89
Sunflower	92	90	91
Watermelon-Melon	97	95	96
accuracy			95
macro avg.	94	92	93
weighted avg.	95	95	95
<i>Kappa Score</i>	92		

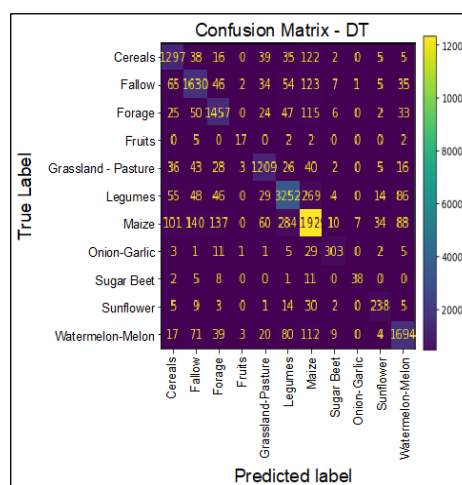


Decision Tree Classifier (DT) Model Accuracy

The DT model demonstrated an overall accuracy of 88%. The DT model achieved accuracy values ranging from 63% to 93%, 61% to 93%, and 62% to 93% for the Precision, Recall and F1-score, respectively, implying moderate to good accuracy. A kappa score of 84% was achieved. The accuracy results of the DT model are listed in Table 6.

Table 6. Performance metrics of the DT model

<i>Crop Type</i>	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>
Cereals	81	83	82
Fallow	80	82	81
Forage	81	83	82
Fruits	63	61	62
Grassland-Pasture	86	86	86
Legumes	86	86	86
Maize	93	93	93
Onion-Garlic	88	84	86
Sugar Beet	83	58	68
Sunflower	79	76	77
Watermelon-Melon	86	83	84
accuracy			88
macro avg.	82	80	81
weighted avg.	88	88	88
Kappa Score	84		

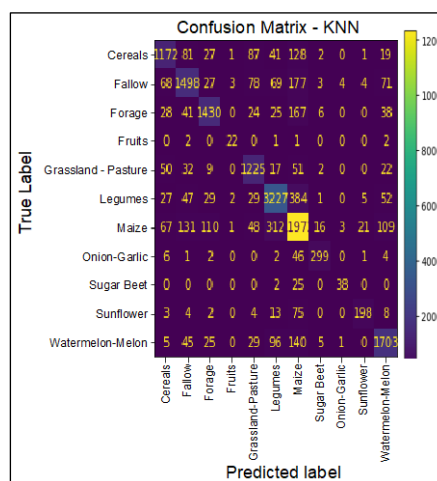


K-Nearest Neighbors Classifier (KNN) Model Accuracy

KNN demonstrated an overall accuracy of 87%, achieving accuracy values ranging from 76% to 91%, 58% to 94%, and 68% to 92% for Precision, Recall, and F1-score, respectively. The kappa score of the KNN classifier was 82%. The accuracy results of the KNN model are presented in Table 7.

Table 7. Performance metrics of the KNN model

<i>Crop Type</i>	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>
Cereals	82	75	79
Fallow	80	75	77
Forage	86	81	84
Fruits	76	79	77
Grassland-Pasture	80	87	84
Legumes	85	85	85
Maize	91	94	92
Onion-Garlic	90	83	86
Sugar Beet	83	58	68
Sunflower	86	64	74
Watermelon-Melon	84	83	84
accuracy			87
macro avg.	84	79	81
weighted avg.	87	87	87
Kappa Score	82		

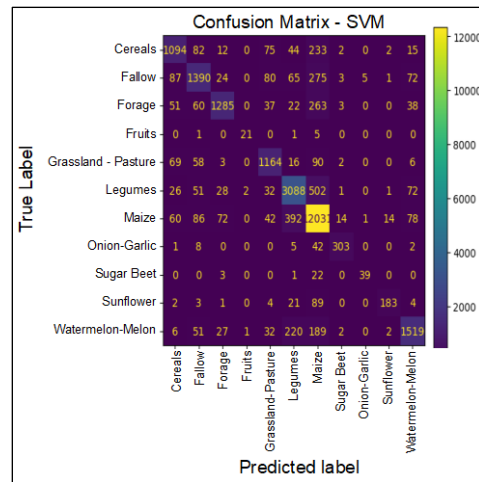


Support Vector Machines Classifier (SVM) Model Accuracy

The SVM demonstrated an overall accuracy of 85%, achieving accuracy values ranging from 78% to 92%, 60% to 94%, and 71% to 91% for the Precision, Recall, and F1-score, respectively. The Kappa score of the SVM classifier was 78%. The accuracy results for the SVM model are presented in Table 8.

Table 8. Performance metrics of the SVM model

<i>Crop Type</i>	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>
Cereals	78	70	74
Fallow	78	69	73
Forage	88	73	80
Fruits	88	75	81
Grassland - Pasture	79	83	81
Legumes	80	81	80
Maize	88	94	91
Onion-Garlic	92	84	88
Sugar Beet	87	60	71
Sunflower	90	60	72
Watermelon-Melon	84	74	79
accuracy			85
macro avg.	85	75	79
weighted avg.	85	85	84
Kappa Score	78		

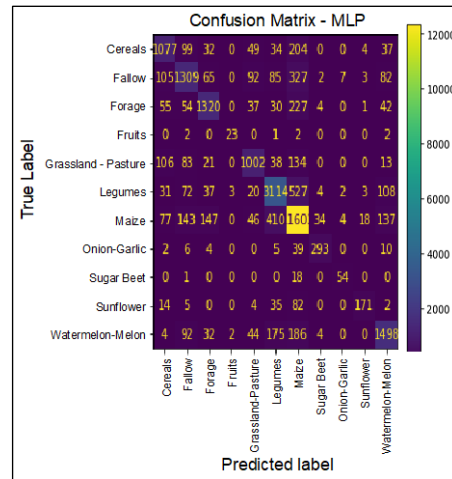


Multi-Layer Perceptron Classifier (MLP) Model Accuracy

The MLP model exhibited an overall accuracy of 82%. The model achieved accuracy values ranging from 70% to 87%, 55% to 92%, and 66% to 89% for Precision, Recall, and F1-score, respectively. The kappa score of the MLP classifier was 75%. The Model accuracy results are presented in Table 9.

Table 9. Performance metrics of the MLP model

<i>Crop Type</i>	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>
Cereals	73	70	72
Fallow	70	63	66
Forage	80	75	77
Fruits	82	77	79
Grassland - Pasture	77	72	74
Legumes	79	79	79
Maize	87	92	89
Onion-Garlic	86	82	84
Sugar Beet	81	74	77
Sunflower	85	55	67
Watermelon-Melon	78	74	76
accuracy			82
macro avg.	80	74	76
weighted avg.	82	82	82
Kappa Score	75		



Qualitative Classification Results

The map presented in Figure 3 visually represents the classification outcomes of the Random Forest model (the outperformed model with 95% overall accuracy) and offers insights into the spatial distribution and arrangement of the crop types. The qualitative interpretation of the classified crop map substantiates the effectiveness of our machine learning-based approach in accurately distinguishing between crops. The spatial patterns captured in these maps validated the accuracy of the classification models and highlighted the feasibility of leveraging machine learning techniques for precise crop type identification.

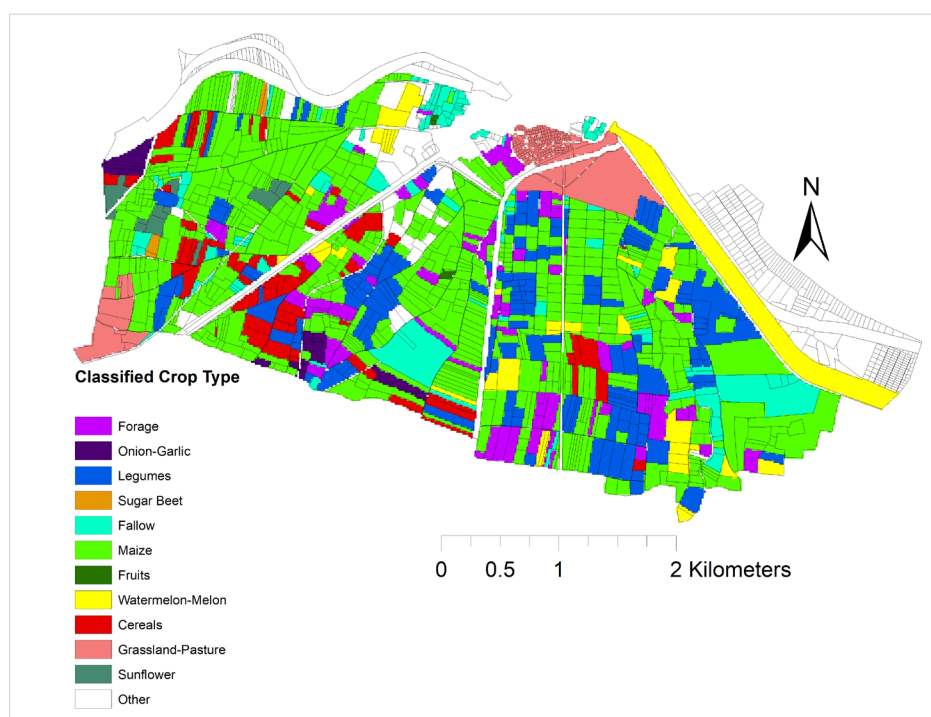


Figure 3. Random Forest model-based classified crop type map

In summary, in terms of Overall Accuracy, the best model to classify different crops in Uluabat was Random Forest (95%), followed by Decision Tree (88%), K-Nearest Neighbors (87%), Support Vector Machine (85%), and Multi-Layer Perceptron (82%). The Kappa score ranged between 75% and 92%. All the models performed well by displaying robust accuracy, making them suitable for diverse crop classifications in the study area. These models, characterised by robust accuracy, are viable tools for crop science research in diverse regional contexts. Although the models reflected a high level of accuracy, low accuracy for some crops (e.g., cereals and fruits) may be observed because of factors such as varying soil conditions, land management practices, and natural variations in vegetation health. This underscores the need to refine and adapt the classification models to consider these nuanced differences in future studies. The findings are acceptable as they align comparably with the results documented in the relevant literature. For instance, Sonobe (2019) highlighted the effectiveness of RF

and SVM as the most effective classification approaches for identifying vegetation types using remote sensing data, with an overall accuracy of 92.1%. Abubakar et al. (2020) achieved overall accuracies of 96.93% and 97.44% for maize classification using Random Forest, Support Vector Machines, Simple Bayes, machine learning algorithms, and Sentinel 2-derived vegetation indices. Fan et al. (2021), in their study on crop type classification, achieved the highest overall accuracy of 96–98%, using Sentinel 2 and Random Forest algorithm. Furthermore, Lu et al. (2022) achieved a classification accuracy of 91.2% with a kappa coefficient of 0.882 using deep learning for fine crop classification.

Furthermore, using RapidEye imagery on crop type classification, Ustuner et al., 2014 found that NDRE has the highest contribution to classification accuracy compared to NDVI and GNDVI. Nevertheless, Kang et al., 2021 demonstrated that the NDVI time series was more conducive to improving the overall classification accuracy of crops, and NDRE can assist NDVI in improving the crop classification accuracy.

The results of the present study revealed the capability of the Sentinel 2A-derived Normalized Difference Red Edge Index (*NDRE*) and machine learning approach for crop type classification and could contribute valuable insights for crop classification and mapping at the parcel level.

Conclusion

This study investigated the performance of various machine learning models for classifying crop types using the Normalized Difference Red Edge Index (*NDRE*). Notably, the ML models demonstrated high accuracy in Uluabat village, reflecting their robust capability for crop type classification. The implications of accurate land cover and crop type classification are wide-ranging, encompassing applications such as monitoring land use changes, assessing crop health, estimating yields, and facilitating precision agriculture. The present study confirmed the importance of *NDRE* in agricultural monitoring and assessment of crop type and vegetation dynamics. By harnessing the synergy between high-resolution remote sensing data and advanced machine learning algorithms, stakeholders, including policymakers, researchers, and practitioners, can make informed decisions and implement effective land management strategies. This study offers a comprehensive overview of the methodologies employed in such a classification, contributes to the existing body of knowledge, and provides insights into sustainable land management practices.

Acknowledgements

All authors contributed to the conception and design of the study. Material preparation, data collection, and analyses were performed by all authors. The first draft of the manuscript was written by Bere Benjamin Bantchina. Kemal Sulhi Gündoğdu commented on previous versions of the manuscript. All the authors have read and approved the final manuscript. This study did not require approval from the ethics committee. The article

was prepared in accordance with research and publication ethics. This study received no funding, and the authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Abubakar, G., Wang, K., Shahtahmssebi, A., Xue, X., Belete, M., Gudo, A. and Gan, M. 2020. Mapping maize fields by using multi-temporal Sentinel-1A and Sentinel-2A images in Makarfi, Northern Nigeria, Africa. *Sustainability*, 12(6):2539. <https://doi.org/10.3390/su12062539>
- Arora, A., Sim, C., Severson, D. and Kang, D. 2022. Random forest analysis of impact of abiotic factors on *Culex pipiens* and *Culex quinquefasciatus* occurrence. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.773360>
- Bantchina, B. B., Mucan, U. and Gündoğdu, K. S. 2017. Land Availability Analysis in Bursa using Geographic Information Systems. In Proceedings Book, Proceedings of the 5th International Participation Soil and Water Resources Congress, Kırklareli, Turkey, 12–15 September 2017; Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute Kırklareli: Merkez, Turkey; Volume 1, pp. 65–74.
- Cuenca, M., Campo-Bescós, M. and Álvarez-Mozos, J. 2020. Crop classification based on temporal signatures of Sentinel-1 observations over Navarre province, Spain. *Remote Sensing*, 12(2):278. <https://doi.org/10.3390/rs12020278>
- Cunningham, P. and Delany, S. 2021. K-nearest neighbour classifiers - a tutorial. *Acm Computing Surveys*, 54(6): 1-25. <https://doi.org/10.1145/3459665>
- Fan, J., Zhang, X., Zhao, C., Qin, Z., De Vroey, M., and Defourny, P. 2021. Evaluation of Crop Type Classification with Different High Resolution Satellite Data Sources. *Remote Sensing*, 13(5):911. <https://doi.org/10.3390/rs13050911>
- Ghamisi, P., Plaza, J., Chen, Y., Li, J. and Plaza, A. 2017. Advanced spectral classifiers for hyperspectral images: a review. *Ieee Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(1):8–32. <https://doi.org/10.1109/mgrs.2016.2616418>
- Gündoğdu, K. S. and Bantchina, B. B. 2018. Landsat Uydu Görüntülerinden NDVI Değer Dağılımının Parsel Bazlı Değerlendirilmesi, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftlik Arazisi Örneği. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32 (2):45–53.
- Hajian, A., Zomorrodian, H., Styles, P., Greco, F. and Lucas, C. 2011. Depth estimation of cavities from microgravity data using a new approach: the local linear model tree (lolimot). *Near Surface Geophysics*, 10(3):221–234. <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2011039>
- Hardisky, M. A., Klemas, V. and Smart, R. M. 1983. The influences of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral reflectance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 49:77–83.

- Haykin, S. and Kosko, B. 2009. Gradient-based learning applied to document recognition. <https://doi.org/10.1109/9780470544976.ch9>
- Izza, Y., Ignatiev, A. and Marques-Silva, J. 2022. On tackling explanation redundancy in decision trees. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 75:261–321. <https://doi.org/10.1613/jair.1.13575>
- Jensen, R. and Cornelis, C. 2008. A new approach to fuzzy-rough nearest neighbour classification., 310–319. https://doi.org/10.1007/978-3-540-88425-5_32
- Kang, Y., Xinli H., Qingyan, M, Youfeng, Z., Linlin, Z., Miao, L. and Maofan, Z. 2021. Land Cover and Crop Classification Based on Red Edge Indices Features of GF-6 WFV Time Series Data. *Remote Sensing* 13(22): 4522. <https://doi.org/10.3390/rs13224522>
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. and Haffner, P. 1998. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the Ieee*, 86(11):2278–2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- Li, J., Shen, Y. and Yang, C. 2020. An adversarial generative network for crop classification from remote sensing time series images. *Remote Sensing*, 13(1):65. <https://doi.org/10.3390/rs13010065>
- Liu, Z., Su, B. and Lv, F. 2022. Intelligent identification method of crop species using improved U-net network in UAV remote sensing image. *Scientific Programming*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/9717843>
- Lu, T., Wan, L. and Wang, L. 2022. Fine crop classification in high-resolution remote sensing based on deep learning. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.991173>
- Mahynski, N., Ragland, J., Schuur, S. and Shen, V. 2022. Building interpretable machine learning models to identify chemometric trends in seabirds of the north Pacific Ocean. *Environmental Science & Technology*, 56(20):14361–14374. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c01894>
- Mashaba-Munghemezulu, Z., Chirima, G. and Munghemezulu, C. 2021. Delineating smallholder maize farms from Sentinel-1 coupled with Sentinel-2 data using machine learning. *Sustainability*, 13(9):4728. <https://doi.org/10.3390/su13094728>
- Mazarire, T., Ratshiedana, P., Nyamugama, A., Adam, E. and Chirima, G. 2022. Exploring machine learning algorithms for mapping crop types in a heterogeneous agriculture landscape using Sentinel-2 data. a case study of Free State Province, South Africa. *South African Journal of Geomatics*, 9(2):333–347. <https://doi.org/10.4314/sajg.v9i2.22>
- Muntean, M. and Militaru, F. D. 2023. Metrics for Evaluating Classification Algorithms. In: Ciurea, C., Pocatilu, P., Filip, F.G. (eds) Education, Research and Business Technologies. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 321. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6755-9_24
- Mustak, S., Uday, G., Ramesh, B. and Praveen, B. 2019. Evaluation of the performance of sar and sar-optical fused dataset for crop discrimination. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-3/W6, 563–571. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-3-w6-563-2019>

- Ndikumana, E., Minh, D., Baghdadi, N., Courault, D. and Hossard, L. 2018. Deep Recurrent Neural Network for Agricultural Classification Using Multitemporal SAR Sentinel-1 For Camargue, France. *Remote Sensing*, 8(10):1217. <https://doi.org/10.3390/rs10081217>
- Nguyen, H. and Nansen, C. 2020. Hyperspectral remote sensing to detect leafminer-induced stress in bok choy and spinach according to fertilizer regime and timing. *Pest Management Science*, 76(6):2208–2216. <https://doi.org/10.1002/ps.5758>
- Nidamanuri, R., Garg, P. and Ghosh, S. 2007. Development of an agricultural crops spectral library and classification of crops at cultivar level using hyperspectral data. *Precision Agriculture*, 8(4-5):173–185. <https://doi.org/10.1007/s11119-007-9037-x>
- Pech-May, F., Aquino-Santos, R., Ríos-Toledo, G. and Posadas-Durán, J. 2022. Mapping of land cover with optical images, supervised algorithms, and Google Earth engine. *Sensors*, 22(13):4729. <https://doi.org/10.3390/s22134729>
- Pham, B., Nguyen, M., Bui, K., Prakash, I., Chapi, K. and Bui, D. 2019. A novel artificial intelligence approach based on multi-layer perceptron neural network and biogeography-based optimization for predicting coefficient of consolidation of soil. *Catena*, 173:302–311. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.10.004>
- Ren, T., Liu, Z., Zhang, L., Liu, D., Xi, X., Kang, Y., Zhao, Y., Zhang, C., Li, S. and Zhang, X. 2020. Early identification of seed maize and common maize production fields using Sentinel-2 images. *Remote Sensing*, 12(13):2140.
- Rumelhart, D., Hinton, G. and Williams, R. 1986. Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088):533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Sitokonstantinou, V., Papoutsis, I., Kontoes, C., Arnal, A., Andrés, A. and Zurbarano, J. 2018. Scalable parcel-based crop identification scheme using Sentinel-2 data time-series for the monitoring of the common agricultural policy. *Remote Sensing*, 10(6):911. <https://doi.org/10.3390/rs10060911>
- Sonobe, R. 2019. Parcel-based crop classification using multi-temporal Terrasar-x dual polarimetric data. *Remote Sensing*, 11(10):1148. <https://doi.org/10.3390/rs11101148>
- Sonobe, R., Yamaya, Y., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N. and Mochizuki, K. 2018. Crop classification from Sentinel-2-derived vegetation indices using ensemble learning. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(02):1. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.12.026019>
- Strobl, C., Boulesteix, A., Zeileis, A. and Hothorn, T. 2007. Bias in random forest variable importance measures: illustrations, sources and a solution. *BMC Bioinformatics*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2105-8-25>
- Tian, H., Yong-Jiu, W., Cui, T., Zhang, L. and Qin, Y. 2021. Early-season mapping of winter crops using sentinel-2 optical imagery. *Remote Sensing*, 13(19):3822. <https://doi.org/10.3390/rs13193822>
- Ustuner, M., Sanli, F. B., Abdikan, S., Esetlili, M. T. and Kurucu, Y. 2014. Crop type classification using vegetation indices of RapidEye imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing*

and Spatial Information Sciences, Volume XL-7, 2014 ISPRS Technical Commission VII Symposium, 29 September – 2 October 2014, Istanbul, Turkey

- Yang, N., Liu, D., Feng, Q., Xiong, Q., Zhang, L., Ren, T. and Huang, J. 2019. Large-scale crop mapping based on machine learning and parallel computation with grids. *Remote Sensing*, 11(12):1500. <https://doi.org/10.3390/rs11121500>
- Zhou, T., Pan, J., Zhang, P., Wei, S. and Han, T. 2017. Mapping Winter Wheat with Multi-temporal Sar and Optical Images in an Urban Agricultural Region. *Sensors*, 6(17):1210. <https://doi.org/10.3390/s17061210>



Arpa Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Ozmotik Stres Toleransının Belirlenmesi^A

Kübra ÖZDEMİR DİRİK^{1*} Mazlum ERDEM² İbrahim SAYGILI³

Öz: Ozmotik stres çimlenme döneminde kuraklık stresini stimüle ederek kuraklık toleransının ölçümünü sağlamaktadır. Bu araştırma ozmotik stres altında arpa çeşitlerinin çimlenme dönemindeki kuraklığa toleransının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada 13'ü altı sıralı ve 23'ü iki sıralı olmak üzere 36 arpa çeşidi kullanılmıştır. Ozmotik stres polietilen glikol 6000 kullanılarak -3 bar ve -6 bar osmotik stres uygulanmış, stresin olmadığı uygulamada (kontrol) saf su kullanılmıştır. Araştırmanın yedinci gününde çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu belirlenmiştir. Çeşitlerin çimlenme oranları kontrole göre -3 bar osmotik strete %5.7, -6 bar osmotik strete ise %52.3 oranında önemli bir şekilde azalmıştır. Çeşitlerin kök uzunlukları -3 bar osmotik strete %14.4 artarken, -6 bar osmotik strete %56.1 azalmış, sürgün uzunlukları -3 bar osmotik strete %15.5 ve -6 bar osmotik strete %86.2 oranında azalmıştır. Genel ortalamada Kendal, Hasat, Dara, Yüksel, Etincel ve Epona çeşitlerinde en yüksek, Steptoe çeşidin de ise en düşük çimlenme oranı belirlenmiştir. Kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu değerlerine göre Kral 97, Barış, Çetin 2000, Tarm 92, Sabribey ve Hasat çeşitlerinin osmotik strese daha toleranslı olduğu söylenebilir. Çeşitlerin kuraklık tolerans indeksleri incelenen üç özellikte de -6 bar osmotik strete -3 bar osmotik strese göre azalmıştır. -6 bar osmotik strete, en yüksek kuraklık tolerans indeksi, çimlenme oranında Kendal ve Dara (%86.7) çeşitlerinden, kök uzunluğunda Hasat

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma 29 Eylül-2 Ekim 2022 tarihlerinde düzenlenen "II. Uluslararası (14. Ulusal) Tarla Bitkileri" kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti kongre kitabında basılmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Kübra ÖZDEMİR DİRİK, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, kubra.ozdemir@gop.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6901-561X](https://orcid.org/0000-0002-6901-561X)

² Mazlum ERDEM, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, mzlmrdem@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1568-1016](https://orcid.org/0000-0003-1568-1016)

³ İbrahim SAYGILI, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, ibrahim.saygili@gop.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0449-4872](https://orcid.org/0000-0003-0449-4872)

(%98.1) çeşidinden, sürgün uzunluğunda Epona (%62.9) çeşidinden elde edilmiştir. Çimlenme döneminde kuraklık stresinin etkili olduğu bölgelerde, osmotik stres toleransı iyi olan çeşitlerin tarla denemelerine dahil edilmesi arpa üretimine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: *Hordeum vulgare*, Kök uzunluğu, Kuraklık Toleransı PEG, Sürgün uzunluğu.

Evaluation of Osmotic Stress Tolerance of Barley Cultivars during Germination

Abstract: Osmotic stress stimulates drought stress during germination and provides a measure of drought tolerance. This study was performed to determine the drought tolerance of barley cultivars under osmotic stress during germination. Thirty-six barley cultivars, 13 six-row and 23 two-row, were used. Osmotic stress was applied at -3 bar and -6 bar using polyethylene glycol 6000 and pure water was used in the non-stress treatment (control). Germination rate, root length and shoot length were determined on the seventh day of the experiment. Germination rates of the cultivars decreased by 5.7% at -3 bar osmotic stress and 52.3% at -6 bar osmotic stress compared to the control. Root length of the cultivars increased by 14.4% at -3 bar osmotic stress, decreased by 56.1% at -6 bar osmotic stress, and shoot length decreased by 15.5% at -3 bar osmotic stress and 86.2% at -6 bar osmotic stress. In the general average, the highest germination ratio was determined in cultivars Kendal, Hasat, Dara, Yüksel, Etincel and Epona and the lowest germination ratio was determined in Steptoe. According to root length and shoot length values, it can be stated that cultivars Kral 97, Barış, Çetin 2000, Tarm 92, Sabribey and Hasat are more tolerant to osmotic stress. Drought tolerance indexes of the cultivars decreased at -6 bar osmotic stress compared to -3 bar osmotic stress in all three traits examined. At -6 bar osmotic stress, the highest drought tolerance index was obtained from Kendal and Dara (86.7%) in germination rate, Hasat (98.1%) in root length and Epona (62.9%) in shoot length. In regions where drought stress is occurring during the germination period, inclusion of cultivars with better osmotic stress tolerance to field trials in these regions may contribute to barley production.

Keywords: Drought tolerance, *Hordeum vulgare*, PEG, Root length, Shoot length.

Giriş

Arpa kuru tarım alanlarında yaygın olarak yetiştirilen önemli bir kültür bitkisidir. Arpa hayvan beslenmesinde, malt sanayisinde ve düşük miktarlarda gıda olarak kullanılmaktadır (Sarı ve İmamoğlu, 2009). Artan dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarının karşılanması için birim alanda yüksek verim elde etme çabaları, yeterli olmayan tatlı su kaynaklarının kullanılması doğal dengenin bozulmasıyla sonuçlanmaktadır. Bunun yanında yanlış tarım uygulamaları ve abiyotik stres faktörleri tarımsal üretimi sınırlandırmaktadır. Bu yüzden birim alan verimini artırmak için stres faktörlerine dayanıklı çeşitler geliştirmek ve kullanmak zorunlu hale gelmiştir.

Tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli faktörlerin başında abiyotik stres faktörlerinden kuraklık gelmektedir. Kuraklık stresi bitki metabolizmasının ve hücre yapısının bozulmasına ve sonunda biyokimyasal reaksiyonların durmasına neden olabilecek düzeyde su kaybı olarak tanımlanabilir. Bitkinin vejetatif dokularında %70'in üzerindeki su kaybı bitkinin ölümüyle sonuçlanır (Smirnoff, 1993). Farklı bitki gelişim dönemindeki kuraklık, tarımsal üretimde önemli ürün kaybına neden olmaktadır (Kutlu, 2010). Arpada vejetasyonun başlangıcında çimlenme döneminde meydana gelen kuraklık büyük çoğunlukla verim kaybı ile sonuçlanmaktadır (Rauf ve ark., 2007). Bu yüzden tarımsal üretimin ilk gelişme aşaması olan çimlenme döneminde kuraklık toleransı diğer dönemlere göre daha fazla dikkat edilmesi gereken bir karakter olabilir.

Bitkilerin başaklanma dönemi kuraklık toleransını ölçmek için yağmur korunağı, kardeşlenme döneminde saksılarda düzenli su eksikliği ve erken dönemde ise ozmotik stres sağlayan kimyasallar kullanılmaktadır. Polietilen glikol (PEG) çimlenme döneminde kuraklık stresinin etkilerini ölçmede kullanılan önemli bir polimerdir (Türkan ve ark., 2005; Landjeva ve ark., 2008). PEG'in molekül ağırlığının 3000'den fazla olduğu ve hücre duvarından geçemediği bildirilmiştir (Rubinstein, 1982). Bazı buğday çeşitlerinin çimlenme ve genç fide dönemindeki su stresine karşı göstermiş oldukları gelişmeleri test etmede kullanılan PEG, osmotik basınç ortamları için başarılı bir şekilde kullanılabilceği bildirilmiştir (Dolgun ve Aydoğan Çifci, 2018; Özdemir Dirik ve ark., 2018; Özkurt ve ark., 2019). Su yetersizliği sonucunda, çimlenme oranında, sürgün gelişimi ve fide gelişiminde gerilemeler meydana gelmektedir (Macar, 2008). Farklı osmotik basınç ortamlarının bazı buğday çeşitlerinde çimlenme oranını, kök uzunluğunu, plumula uzunluğunu, koleoptil uzunluğunu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlığını önemli bir şekilde azalttığından dolayı bitkinin büyüme ve gelişmesini yavaşlattığı bildirilmiştir (Veselov ve ark., 2002; Balkan ve Gençtan, 2013). Bu şartlar altında büyüme ve gelişmede daha az gerileme gösteren ya da hiç göstermeyen genotiplerin kuraklık toleransının daha iyi olması beklenmektedir.

Çimlenme döneminde kuraklık toleransını ölçmek için osmotik stresin değişen dozları PEG ile başarılı şekilde oluşturulmuştur. Makarnalık buğday çeşitlerine 4 farklı kuraklık stresi (0, -2.5, -5.0, -7.5 ve -10.0 bar) ortamı uygulanan çalışmada -5.0 bar kuraklık stresi seviyesinden sonra çimlenme oranında, kök uzunluğunda, fide uzunluğunda, kök yaş ve kuru ağırlığında, fide yaş ve kuru ağırlığında önemli derecede azalma görülmüş, -7.5 bar ve -10.0 bar osmotik stres seviyesinde çeşitlerde fide gelişimi görülmediği saptanmıştır (Dolgun ve Aydoğan Çifci, 2018). Artan PEG yoğunluğunun çimlenmeyi büyük çapta engellediği, kuraklık stresini belirgin olarak ortaya çıkardığı, fidelerin yapraklarında hızlı bir durgunluğa ve küçülmeye sebep olduğu vurgulanmıştır (Karahana, 1996). Yonca çeşitleri ile üç farklı PEG ortamı (kontrol, -3 bar, -6 bar) uygulanan bir çalışmada artan PEG dozlarının çimlenme yüzdesini, kök uzunluğunu ve çimlenme hızını azalttığı bildirilmiştir (Özkurt ve ark., 2019). Bu araştırmaların sonuçları -3 bar ve -6 bar osmotik stresin çimlenme dönemindeki kuraklığa toleransının belirlenmesi için daha uygun olduğunu göstermektedir.

Kuraklık toleransı abiyotik streslerle başa çıkmanın en ucuz ve pratik yoludur. Ancak tescilli arpa çeşitlerinde kuraklık toleransı bakımından oldukça değişen varyasyonlar vardır. Kuraklık toleransı yüksek çeşitlerin kullanılması için ilgili gelişme döneminde bu çeşitlerin kuraklık toleransına tepkisinin bilinmesini gerektirmektedir. Bu araştırmanın amacı üretimde kullanılan arpa çeşitlerinin osmotik stres altında çimlenme dönemindeki kuraklığa toleransının belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan 13 adet altı sıralı 23 adet iki sıralı arpa çeşitleri ve geliştirildikleri/temin edildikleri kurum veya kuruluşlar Çizelge 1’de verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Arpa çeşitleri ve temin edildikleri kuruluşlar

Çeşit	Başak Durumu	Temin/Tescil Edildiği Yerler
Anka 06	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Arta	2 sıralı	Suriye
Asil	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Ayrancı	2 sıralı	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Arş. Ens. Müd.
Barış	2 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Bozlak	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Burakbey	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Cacabey	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Harrington	2 sıralı	Kanada
Hasat	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Heysel	2 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Keykubad	2 sıralı	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Arş. Ens. Müd.
Misket	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Ocak	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Pınar	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Sabribey	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müd.
Tadmor	2 sıralı	Suriye
Samyeli	2 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Tarm 92	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Tokak 157/37	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Ünver	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müd.
Yaba	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Yüksel	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müd.
Altıkat	6 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Çetin 2000	6 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Dara	6 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Epona	6 sıralı	Alfa Tohum
Etincel	6 sıralı	Yıldız Bit. Ürü. Toh. ve Tar. San. A.Ş.
Hazar	6 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Helke	6 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Kendal	6 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Kral 97	6 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Lord	6 sıralı	Tareks Tar. Ür. Araç Gereç İthalat İhracat ve Ticaret A.Ş.
Scarpia	6 sıralı	Yıldız Bit. Ürü. Toh. ve Tar. San. A.Ş.
StepToe	6 sıralı	ABD
Yaprak	6 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.

Araştırmada kullanılan çeşitlerin tohumları temin edildikten sonra Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme tarlalarında 2021-2022 sezonunda üretilmiştir. Çimlendirme öncesi yüzey sterilizasyonu için tohumlar öncelikle saf su ile yıkanmış ve %1’lik sodyum ve birkaç damla Tween-20 içeren çözeltide 10 dakika karıştırılmış ve 3 kez steril saf su ile durulanmıştır. Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar kurutma kağıdında kurutulmuştur. İki adet filtre kağıdı bulunan 9 cm çapındaki her bir petri

kabına 25 adet tohum yerleştirilmiştir. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine üç tekerrürlü yürütülmüştür. Her bir petri kabı bir tekerrürü oluşturmuştur. Kontrol uygulaması için steril saf su ve kuraklık stresi uygulamak için -3 bar ve -6 bar osmotik stres kullanılmıştır. -3 bar osmotik stres için 151.3 g l^{-1} ve -6 bar osmotik stres için 223.6 g l^{-1} polietilen glikol 6000 (PEG) kullanılmıştır (Michel ve Kaufmann 1973; Villela ve ark., 1991). Petri kaplarına kontrol uygulaması için 4 ml saf su, osmotik stres uygulamaları için ilgili PEG solüsyonundan 4 ml eklenmiştir. Petri kapları buharlaşmayı önlemek amacıyla parafilm ile sarılmıştır. Petri kapları bitki büyüme kabininde $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de bekletilmiştir.

Uygulamanın 7. gününde tohumlar sayılmış ve 2 mm radikula çıkaranlar çimlenmiş kabul edilmiştir (Özdemir Dirik ve ark., 2020). Çalışmada 7. gün sonunda çimlenme oranı, rastgele seçilen 10 fidenin kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu belirlenmiştir (Öztürk ve ark., 2016). Çeşitlerin çimlenme oranları, kök uzunlukları ve sürgün uzunlukları dikkate alınarak -3 bar ve -6 bar osmotik stres ve kontrol uygulamasından elde edilen veriler bütün çeşitler için aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve çeşitlerin kuraklık tolerans indeksleri belirlenmiştir (Kachare ve ark., 2016).

$$\text{Kuraklık tolerans indeksi (\%)} = [(\text{Stres uygulaması} / \text{Kontrol uygulaması})] \times 100$$

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre JUMP istatistik paket programı kullanılarak uygulamalar ayrı şekilde varyans analizine tabi tutulmuştur. Çimlenme oranı değerleri açılı transformasyonuna tabi tutularak istatistik analiz edilmiş, tabloda orijinal değerler verilmiştir (Özdemir Dirik ve ark., 2022). Varyans analizi sonucu önemli bulunan ortalamalar ($p \leq 0.05$) Tukey Testi'ne göre karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çimlenme oranı

Çimlenme oranları bakımından çeşitler ve osmotik stres uygulamaları arasındaki farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Çeşitlerin ortalama çimlenme oranları; PEG'in uygulanmadığı kontrolde %96.5, -3 bar PEG uygulamasında %91.0, -6 bar PEG uygulamasında ise %46.0 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde -3 bar PEG uygulaması kontrol uygulamasına kıyasla çimlenme oranında yaklaşık %5.7'lik bir azalmaya sebep olurken, -6 bar PEG uygulaması çimlenme oranını yaklaşık %52.3 oranında düşürmüştür. PEG'in -6 bar uygulamasında, en yüksek çimlenme oranı Dara, Kendal, Hasat ve Epona çeşitlerinden elde edilirken en düşük oran Harrington, Steptoe ve Pınar çeşitlerinden elde edilmiştir. En yüksek çimlenme oranları %95.6 ile Kendal çeşidinden, en düşük değer ise %36.4 ile Steptoe çeşidinden elde edilmiştir. Artan PEG konsantrasyonu çeşitlerin çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Balkan ve Gençtan, 2013). Suyun toprakta az bulunduğu ya da bir diğer ifadeyle bu araştırmadaki gibi osmotik basıncın yüksek olduğu durumlarda yüksek oranda çimlenme, kurak şartlarda iyi bir fide gelişmesi için büyük önem taşır (Dolgun ve Aydoğan Çifci, 2018). Kendal ve Dara çeşitlerinin kontrol ve -6 bar PEG uygulamasında çimlenme oranları arasındaki fark oldukça düşüktür. Bu çeşitlerin osmotik stresten daha az etkilendiğini ve bu yüzden

erken dönemde kuraklık toleranslarının oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Çalışmada -3 bar PEG uygulamasında Barış çeşidinin kontrole göre daha yüksek çimlendiği, çoğu çeşidin de kontrole benzer çimlendiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Kısa süreli PEG uygulama çimlenmeyi geliştirmek amacıyla (priming) kullanılan bir yoldur. Amini ve ark. (2013) değişen ozmotik basınçlarda (0, -7, -10 ve -14 MPa) beklettikleri arpa tohumlarında, -3 MPa PEG uygulamanın kontrole göre çimlenme oranını geliştirdiğini bildirmişlerdir. -3 bar basınç altında bu araştırmadaki bazı çeşitlerin çimlenme oranının yüksek olmasının sebebi PEG'in çimlenmeyi geliştirmesi olabilir. Benzer şekilde Öztürk ve ark. (2018) düşük miktarlarda PEG uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiği bildirmişlerdir. Abdel-Ghani ve ark. (2015) %15 PEG (yaklaşık -3 bar)'in çeşide bağlı olarak çimlenme oranını artırdığını ya da azalttığını bildirmişlerdir. Öte yandan Khafagy ve ark. (2017) %15 peg uygulamasının arpada çimlenme oranı etkilemediğini belirlemişlerdir. Bu araştırmaların sonuçları PEG uygulaması ile çimlenme oranının gelişmesi büyük ölçüde genotipe bağlı olduğunu göstermektedir. Bu yüzden osmotik stres vasıtasıyla çimlenme oranı ile kuraklık toleransının değerlendirilmesi için -6 bar basınç daha uygun olabilir. Benzer sonuçları belirleyen Bilgili ve ark. (2019) -0.6 MPa (-6 bar) osmotik basınç altında daha iyi çimlenme oranı belirlediği çeşidin kuraklık toleranslarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Altı sıralı çeşitlerin kontrolde ve diğer PEG uygulamalarında çimlenme oranları daha yüksektir (Çizelge 2). Altı sıralı çeşitlerin taneleri genel olarak iki sıralı çeşitlerden daha küçük olduğundan dolayı (Özdemir Dirik ve ark., 2022), çimlenme için ihtiyaç duydukları suyun miktarı daha azdır. Bu yüzden düşük osmotik basınç şartlarında daha yüksek çimlenme oranı belirlenmiş olabilir.

Çizelge 2. Arpa çeşitlerinin osmotik stres altındaki çimlenme oranları

Çeşitler	Çimlenme oranı (%)			
	Kontrol	-3 bar	-6 bar	Ort.
İki sıralı çeşitler				
Anka 06	98.7 ^{ab**}	70.7 ^{cd**}	41.0 ^{fj**}	70.2 ^{lo**}
Arta	97.3 ^{a-d}	80.0 ^{a-d}	15.0 ^{lmn}	64.0 ^{op}
Asil	84.0 ^g	73.3 ^{bcd}	64.0 ^{c-f}	73.8 ^{nop}
Ayrancı	92.0 ^{c-f}	84.0 ^{a-d}	63.0 ^{c-f}	79.6 ^{t-n}
Barış	94.7 ^{b-f}	100.0 ^a	59.0 ^{d-g}	84.4 ^{d-1}
Bozlak	97.3 ^{a-d}	100.0 ^a	65.0 ^{b-e}	87.6 ^{b-g}
Burakbey	97.3 ^{a-d}	98.7 ^a	48.0 ^{p-t}	81.3 ^{e-j}
Cacabey	85.3 ^{fg}	90.7 ^{abc}	47.0 ^{p-u}	74.2 ^{l-o}
Harrington	97.3 ^{abc}	86.7 ^{a-d}	2.7 ^p	62.2 ^p
Hasat	100.0 ^a	98.7 ^a	84.0 ^{ab}	94.2 ^{ab}
Hevsel	88.0 ^{efg}	82.7 ^{abc}	59.0 ^{d-g}	76.4 ^{g-k}
Keykubad	94.7 ^{b-f}	93.3 ^{b-g}	51.0 ^{d-h}	79.6 ^{t-n}
Misket	94.7 ^{b-f}	81.3 ^{abc}	57.0 ^{d-g}	77.8 ^{j-n}
Ocak	92.0 ^{d-g}	92.0 ^{abc}	57.0 ^{n-r}	80.4 ^{t-n}
Pınar	97.3 ^{abc}	98.7 ^a	6.7 ^{nop}	67.6 ^{m-p}
Sabribey	90.7 ^{c-f}	96.0 ^{abc}	27.0 ^{i-m}	71.1 ^{k-o}
Samyeli	97.3 ^{a-d}	90.7 ^{abc}	51.0 ^{d-h}	79.6 ^{t-m}
Tadmor	100.0 ^a	97.3 ^{ab}	24.0 ^{j-m}	73.8 ^{h-l}

Çizelge 2. (Devamı)

Tarm 92	96.0 ^{b-c}	92.0 ^{abc}	53.0 ^{d-h}	80.4 ^{h-l}
Tokak 157/37	100.0 ^a	98.7 ^a	16.0 ^{mno}	71.6 ^{j-n}
Ünver	100.0 ^a	100.0 ^a	21.0 ^{j-m}	73.8 ^{g-k}
Yaba	100.0 ^a	98.7 ^a	32.0 ^{h-l}	76.9 ^{f-j}
Yüksel	96.0 ^{a-d}	100.0 ^a	72.0 ^{a-d}	89.3 ^{a-f}
Altı sıralı çeşitler				
Altıkak	100.0 ^a	98.7 ^a	51.0 ^{d-h}	83.1 ^{c-h}
Çetin 2000	100.0 ^a	78.7 ^{a-d}	65.0 ^{l-q}	81.3 ^{g-k}
Dara	100.0 ^a	92.0 ^{abc}	87.0 ^a	92.9 ^{abc}
Epona	100.0 ^a	97.3 ^{ab}	80.0 ^{abc}	92.4 ^{abc}
Etincel	100.0 ^a	100.0 ^a	63.0 ^{c-f}	87.6 ^{a-e}
Hazar	100.0 ^a	97.3 ^{abc}	24.0 ^{j-m}	73.8 ^{h-l}
Helke	97.3 ^{abc}	89.3 ^{abc}	17.0 ^{klm}	68.0 ^{l-o}
Kendal	100.0 ^a	100.0 ^a	87.0 ^a	95.6 ^a
Kral 97	97.3 ^{abc}	92.0 ^{abc}	67.0 ^{b-e}	85.3 ^{d-i}
Lord	100.0 ^a	94.7 ^{abc}	41.0 ^{f-j}	78.7 ^{g-k}
Scarpia	96.0 ^{a-d}	100.0 ^a	36.0 ^{g-k}	77.3 ^{f-j}
Steptoe	94.7 ^{b-f}	45.3 ^d	4.0 ^{op}	36.4 ^q
Yaprak	98.7 ^{ab}	98.7 ^a	32.0 ^{h-l}	76.4 ^{g-k}
Ortalama	96.5 ^{A**}	91.0 ^B	46.0 ^C	78.5
V.K. (%)	11.0			

** : 0.01 düzeyinde önemlidir. Aynı sütünde farklı küçük harflerle ve aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir. V.K.: Varyasyon katsayısı

Sürgün uzunluğu

Sürgün uzunlukları bakımından çeşitler ve ozmotik stres uygulamaları arasındaki farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Arpa çeşitlerinin ortalama sürgün uzunlukları kontrol uygulamasında 12.43 cm, -3 bar PEG uygulamasında 10.51 cm, -6 bar PEG uygulamasında ise 1.71 cm olarak bulunmuştur. Artan PEG konsantrasyonlarının sürgün uzunluğunu önemli bir seviyede azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Ortalama sürgün uzunluğu -3 bar PEG uygulamasına göre -6 bar PEG uygulamasında artan PEG dozuna bağlı olarak %83.7 oranında azalmıştır. Çalışmada -3 bar PEG uygulamasında en uzun sürgün uzunluğu değerleri Hasat, Çetin 2000, Arta, Hazar ve Ünver çeşitlerinden, en kısa değerler ise Scarpia, Tadmor ve Etincel çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Uygulanan -6 bar PEG’de, en uzun sürgün uzunluğu değerleri Epona, Sabribey ve Kendal çeşitlerinden elde edilmiştir. Çeşitlerin yarısından fazlası -6 bar PEG’de hiç sürgün oluşturmamıştır. Genel itibarıyla en uzun sürgün uzunluğu 9.96 cm ile Tarm 92 çeşidinden, en kısa sürgün uzunluğu ise 4.26 cm ile Scarpia çeşidinden elde edilmiştir. Stres koşullarına maruz bırakılan çeşitlerin sürgün uzunluklarında önemli farklılıkların olduğu ve stres seviyesi artıkça genotiplerdeki sürgün uzunluklarının azaldığı bildirilmiştir (Aydın ve ark., 2016). Çimlenen tanede sürgün uzunluğunun köklerden su alımı ve fotosentezin devamı ile artması beklenir. Ancak artan PEG oluşturduğu ozmotik stres ile köklerden su alımını azalttığı için sürgünler gelişmemiştir (Balkan, 2011; Özdemir Dirik ve ark., 2018). Sürgün uzunluğu doğrudan osmotik stres

toleransını ölçmek ile ilgili bir karakter olarak görünmese de bitkilerin stres koşullarında daha uzun sürgünler oluşturabilmesi suyun alınabildiğinin göstergesidir. Bu yüzden daha yüksek sürgün uzunluğu daha kuraklık stresi şartlarına daha iyi tolerans anlamına gelmektedir. Kendal çeşidi kontrol uygulamasında yüksek sürgün uzunluğuna sahip olmasa da -6 bar PEG uygulamasında en yüksek sürgün uzunlukları arasında yer almıştır (Çizelge 3). Stres olmayan şartlarda sürgün uzunluğu aynı zamanda hızlı gelişme ile de ilgili olabilir. Ayrancı, Keykubat, Samyeli, Tadmor ve Tarm 92 çeşitleri kontrolde en yüksek sürgün uzunluğuna sahip olmalarında karşın -6 bar PEG uygulamasında sürgün üretememiştir. Bu çeşitlerin hızlı geliştiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Hızlı gelişme kuraklık stres toleransına genel olarak destekleyici bir özellik olsa da (Özdemir Dirik, 2020), ozmotik stres toleransı ile doğrudan ilgili olmayabilir.

Çizelge 3. Arpa çeşitlerinin osmotik stres altındaki sürgün uzunlukları

Çeşitler	Sürgün uzunluğu (cm)			
	Kontrol	-3 bar	-6 bar	Ort.
İki sıralı çeşitler				
Anka 06	9.00 ^{ab**}	10.73 ^{a-d**}	0.00 ^{b**}	6.58 ^{i**}
Arta	14.40 ^{ab}	13.07 ^{ab}	0.00 ^b	9.16 ^{a-f}
Asil	12.73 ^{ab}	11.90 ^{a-d}	3.33 ^{ab}	9.32 ^{a-c}
Ayrancı	15.43 ^{ab}	11.20 ^{a-d}	0.00 ^b	8.88 ^{a-g}
Barış	13.87 ^{ab}	10.80 ^{a-d}	0.00 ^b	8.22 ^{a-1}
Bozlak	8.33 ^b	10.13 ^{a-f}	1.83 ^{ab}	6.77 ^l
Burakbey	13.57 ^{ab}	9.27 ^{b-f}	0.00 ^b	7.61 ^{d-1}
Cacabey	10.33 ^{ab}	10.15 ^{a-f}	0.00 ^b	6.83 ^{hi}
Harrington	11.77 ^{ab}	9.67 ^{a-f}	0.00 ^b	7.14 ^{gh1}
Hasat	12.13 ^{ab}	13.60 ^a	2.53 ^{ab}	9.42 ^{a-d}
Hevsel	10.80 ^{ab}	10.97 ^{a-d}	0.00 ^b	7.26 ^{f-1}
Keykubat	16.23 ^{ab}	9.10 ^{b-f}	0.00 ^b	8.44 ^{a-1}
Misket	12.07 ^{ab}	10.25 ^{a-f}	0.00 ^b	7.44 ^{e-1}
Ocak	10.48 ^{ab}	9.90 ^{a-f}	3.78 ^{ab}	8.05 ^{a-1}
Pınar	9.52 ^{ab}	9.17 ^{b-f}	1.33 ^{ab}	6.67 ^l
Sabribey	12.60 ^{ab}	11.00 ^{a-d}	5.89 ^a	9.83 ^{ab}
Samyeli	16.07 ^{ab}	9.33 ^{b-f}	0.00 ^b	8.47 ^{a-1}
Tadmor	15.90 ^{ab}	6.40 ^{e-f}	0.00 ^b	7.43 ^{e-1}
Tarm 92	18.53 ^a	11.33 ^{a-d}	0.00 ^b	9.96 ^a
Tokak 157/37	13.67 ^{ab}	10.47 ^{a-d}	0.00 ^b	8.04 ^{a-1}
Ünver	11.03 ^{ab}	12.13 ^{abc}	0.00 ^b	7.72 ^{c-1}
Yaba	14.20 ^{ab}	10.40 ^{a-e}	4.82 ^{ab}	9.81 ^{ab}
Yüksel	10.50 ^{ab}	9.00 ^{c-f}	5.30 ^{ab}	8.27 ^{a-1}
Altı sıralı çeşitler				
Altıkāt	14.37 ^{ab}	11.92 ^{a-d}	0.00 ^b	8.76 ^{a-h}
Çetin 2000	13.27 ^{ab}	13.50 ^a	2.17 ^{ab}	9.64 ^{abc}
Dara	9.07 ^{ab}	10.00 ^{a-f}	4.70 ^{ab}	7.92 ^{b-1}
Epona	10.50 ^{ab}	10.70 ^{a-d}	6.20 ^a	9.13 ^{a-f}
Etincel	16.20 ^{ab}	8.03 ^{d-f}	4.67 ^{ab}	9.63 ^{abc}
Hazar	9.77 ^{ab}	12.43 ^{abc}	0.00 ^b	7.40 ^{e-1}
Helke	12.13 ^{ab}	10.68 ^{a-d}	5.50 ^a	9.44 ^{a-d}

Çizelge 3. (Devamı)

Kendal	10.87 ^{ab}	10.13 ^{a-f}	5.87 ^a	8.96 ^{a-g}
Kral 97	14.77 ^{ab}	11.47 ^{a-d}	2.39 ^{ab}	9.54 ^{a-d}
Lord	12.80 ^{ab}	11.47 ^{a-d}	0.00 ^b	8.09 ^{a-1}
Scarpia	6.57 ^b	6.20 ^f	0.00 ^b	4.26 ^f
Steptoe	9.87 ^{ab}	10.63 ^{a-d}	0.00 ^b	6.83 ^{hi}
Yaprak	14.32 ^{ab}	11.13 ^{a-d}	1.33 ^{ab}	8.93 ^{a-g}
Ortalama	12.43 ^{A**}	10.51 ^B	1.71 ^C	8.21
V.K. (%)	25.9			

**0.01 düzeyinde önemlidir. Aynı sütünde farklı küçük harflerle ve aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir. V.K.: Varyasyon katsayısı

Kök uzunluğu

Kök uzunlukları bakımından çeşitler ve ozmotik stres uygulamaları arasındaki farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Bitkilerde kök uzunluğu, gereksinim duyulan suya ve besin maddelerine ulaşmada etkili olan önemli bir özelliktir. Ortalama kök uzunlukları kontrol uygulamasında 5.37 cm, -3 bar PEG uygulamasında 6.14 cm, -6 bar PEG uygulamasında ise 2.36 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). PEG uygulaması -6 barda kök uzunluğunu öneli derecede azaltırken, -3 barda kontrole göre daha uzun kökler belirlenmiştir. Çalışmada -3 bar PEG uygulamasında en uzun kök uzunluğu Çetin 2000 (8.47 cm), Hasat (8.17 cm) ve Arta (8.13 cm) çeşitlerinden, en kısa kök uzunluğu Scarpia (2.93 cm) ve Etince (3.43 cm) çeşitlerinden elde edilmiştir. PEG 'in -6 bar uygulamasında ise en uzun kök uzunluğu Barış (5.07 cm) ve Hasat (5.03 cm) çeşitlerinden, en kısa kök uzunluğu Tadmor (0.27 cm) ve Steptoe (0.39 cm) çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bununla birlikte en yoğun ozmotik stresten en az etkilenen ve kontrole en yakın uzunlukta kök üreten Hazar çeşidi olmuştur. Çeşitlerin ortalama kök uzunlukları -3 bar PEG uygulamasında kontrol uygulamasına göre önemli bir şekilde artmıştır. Bu da ortamın ozmotik basıncındaki şiddetine bağlı olarak bitkinin, daha az etkilenerek suya erişmek için köklerinin büyüme ve gelişmesini artırdığından kaynaklanmış olabilir (Balkan, 2011). Daha uzun kökler su stresinin etkisini gösterdiği durumlarda daha da belirginleşir. Çimlenme sorunu olan bölgelerde, bitkilerde osmotik strese neden olan kimyasallar daha uzun kök gelişimini teşvik etmek için de kullanılmaktadır (Kılıç, 2020). Bu yüzden bu araştırmada -3 bar osmotik basınçta belirlenen daha uzun kökler bitkilerin stres şartlarında daha fazla suya ulaşmak için geliştirdikleri bir tolerans mekanizması olabilir. Dolayısıyla osmotik streste daha uzun kökler üreten çeşitlerin kuraklığa daha toleranslı olduğu çıkarımı yanlış olmayacaktır (Öztürk ve ark., 2016). Bitkilerin -6 bar osmotik basınçta daha kısa kökler üretmesi beklenen bir durumdur. Ancak bu şartlarda daha uzun kök üretimi osmotik stres toleransının daha iyi olduğu anlamına gelebilir. Nitekim Yalçın Okursoy (2006), PEG ile oluşturulan osmotik basıncın kuraklık toleransı bakımından iyi bir seleksiyon kriteri olduğunu belirtmiştir. İncelenen çeşitler arasında Hasat çeşidinin hem -3 bar basınçta kontrole göre, hem de -6 bar osmotik basınçta diğer çeşitlere göre daha iyi kök gelişimi sağladığı görülebilir.

Çizelge 4. Arpa çeşitlerinin osmotik stres altındaki kök uzunlukları

Çeşitler	Kök uzunluğu (cm)			
	Kontrol	-3 bar	-6 bar	Ort.
İki sıralı çeşitler				
Anka 06	3.90 ^{ab**}	6.30 ^{a-b**}	1.63 ^{E-m**}	3.94 ^{kl**}
Arta	6.63 ^{ab}	8.13 ^{ab}	2.68 ^{c-k}	5.81 ^{abc}
Asil	6.03 ^{ab}	7.20 ^{a-d}	3.50 ^{a-f}	5.58 ^{a-d}
Ayrançı	6.57 ^{ab}	6.50 ^{a-e}	2.10 ^{e-f}	5.06 ^{b-h}
Barış	6.10 ^{ab}	6.83 ^{a-e}	5.07 ^a	6.00 ^{ab}
Bozlak	3.77 ^{ab}	6.20 ^{a-f}	2.40 ^{c-l}	4.12 ^{g-l}
Burakbey	4.97 ^{ab}	5.93 ^{a-f}	1.23 ^{h-m}	4.04 ^{h-l}
Cacabey	4.63 ^b	5.75 ^{a-g}	1.00 ^{i-m}	3.79 ^{kl}
Harrington	4.97 ^{ab}	4.90 ^{c-g}	0.42 ^{lm}	3.43 ^l
Hasat	5.33 ^{ab}	8.17 ^{ab}	5.03 ^{ab}	6.18 ^a
Hevsel	4.73 ^{ab}	6.40 ^{a-e}	1.17 ^{h-m}	4.10 ^{h-l}
Keykubad	7.93 ^{ab}	6.20 ^{a-f}	0.87 ^{j-m}	5.00 ^{b-i}
Misket	4.97 ^{ab}	6.20 ^{a-f}	1.43 ^{g-m}	4.20 ^{f-l}
Ocak	3.52 ^{ab}	6.12 ^{a-f}	3.02 ^{b-i}	4.22 ^{f-l}
Pınar	5.55 ^{ab}	6.28 ^{a-f}	0.50 ^{lm}	4.11 ^{g-l}
Sabribey	6.07 ^{ab}	5.50 ^{b-g}	3.87 ^{a-e}	5.14 ^{a-g}
Samyeli	6.77 ^{ab}	5.60 ^{a-g}	2.21 ^{d-m}	4.86 ^{c-j}
Tadmor	7.73 ^{ab}	4.13 ^{efg}	0.27 ^m	4.04 ^{h-l}
Tarm 92	8.07 ^a	6.70 ^{a-e}	0.73 ^{klm}	5.17 ^{a-f}
Tokak 157/37	5.00 ^{ab}	5.67 ^{a-g}	0.73 ^{klm}	3.80 ^{kl}
Ünver	4.60 ^{ab}	7.40 ^{a-d}	1.82 ^{f-m}	4.61 ^{d-k}
Yaba	6.63 ^{ab}	6.00 ^{a-f}	3.27 ^{a-g}	5.30 ^{a-e}
Yüksel	4.47 ^{ab}	5.30 ^{b-g}	4.20 ^{a-d}	4.66 ^{d-k}
Altı sıralı çeşitler				
Altıkakt	7.00 ^{ab}	7.35 ^{a-d}	2.13 ^{e-m}	5.49 ^{a-e}
Çetin 2000	5.67 ^{ab}	8.47 ^a	3.37 ^{a-g}	5.83 ^{abc}
Dara	3.03 ^{ab}	4.57 ^{efg}	2.77 ^{c-j}	3.46 ^l
Epona	4.57 ^{ab}	5.50 ^{b-g}	3.53 ^{a-f}	4.53 ^{c-k}
Etincel	5.73 ^{ab}	3.43 ^{fg}	3.33 ^{a-g}	4.17 ^{f-l}
Hazar	4.63 ^{ab}	7.73 ^{abc}	4.05 ^{a-e}	5.47 ^{a-e}
Helke	5.35 ^{ab}	6.03 ^{a-f}	3.03 ^{b-h}	4.80 ^{c-k}
Kendal	3.90 ^{ab}	4.90 ^{c-g}	3.13 ^{a-h}	3.98 ^{t-l}
Kral 97	5.70 ^{ab}	7.27 ^{a-d}	4.33 ^{abc}	5.77 ^{abc}
Lord	5.57 ^{ab}	6.60 ^{a-e}	2.70 ^{c-k}	4.96 ^{c-j}
Scarpia	2.83 ^b	2.93 ^g	0.93 ^{j-m}	2.23 ^m
Steptoe	4.23 ^{ab}	5.87 ^{a-f}	0.39 ^{lm}	3.50 ^l
Yaprak	6.25 ^{ab}	6.97 ^{a-e}	2.21 ^{d-m}	5.14 ^{b-g}
Ortalama	5.37 ^{B**}	6.14 ^A	2.36 ^C	4.59
V.K. (%)	24.1			

** : 0.01 düzeyinde önemlidir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ve aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir. V.K.: Varyasyon katsayısı

Kuraklık tolerans indeksi

Arpa çeşitlerinin çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu bakımından kuraklık tolerans indeksi (%) değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Arpa çeşitlerinin -3 bar ozmotik strete çimlenme oranı bakımından kuraklık tolerans indeksi değerleri, %47.8-107.4 arasında değişiklik göstermiş olup, en yüksek değer Sabribey çeşidinden, en düşük değer de Steptoe çeşidinden elde edilmiştir. Kök uzunluğu bakımından en yüksek kuraklık tolerans indeksi %176.5 ile Ocak çeşidinden, en düşük de %48.6 ile Tadmor çeşidinden elde edilmiştir. Sürgün uzunluğu bakımından ise kuraklık tolerans indeksi değerleri %51.5–127.5 arasında değişmiş, en yüksek değer Hazar çeşidinden en düşük değer Etince çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 5). Çalışmada -6 bar ozmotik strete çimlenme oranı bakımından kuraklık tolerans indeksi değerlerine bakıldığında, en yüksek değer %86.7 ile Kendal ve Dara çeşitlerinden en düşük değer de %2.7 ile Harrington çeşidinden elde edildiği görülmektedir. Kök uzunluğu bakımından kuraklık tolerans indeksi değerleri %4.1-98.1 arasında değişmiş ve en yüksek değer Hasat çeşidinden, en düşük değer de Tadmor çeşidinden elde edilmiştir. Sürgün uzunluğu bakımından ise kuraklık tolerans indeksi değerleri %0.0-62.9 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada -6 bar ozmotik strete sürgün uzunluğu bakımından en yüksek kuraklık tolerans indeksi değeri Epona çeşidinden elde edilirken çeşitlerin yarısından fazlası sürgün oluşturmadıkları için (Çizelge 3) kuraklık tolerans indeksi değerleri en düşük (%0.0) olarak belirlenmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü gibi PEG dozunun artmasıyla kuraklık tolerans indeksi değerleri azalmaktadır. Kuraklık tolerans indeksinin genotiplere göre değiştiği (Kachare ve ark., 2016), artan kuraklık seviyelerinin kuraklığa karşı toleransı olumsuz etkilediği ve kuraklık tolerans indeksi yüksek olan çeşitlerin kurağa toleranslı, düşük olanların ise hassas olduğu (Uslu ve ark., 2021) bildirilmiştir.

Çizelge 5. Arpa çeşitlerinin kuraklık tolerans indeksi değerleri (%)

Çeşitler	Kuraklık tolerans indeksi (-3 bar için)			Kuraklık tolerans indeksi (-6 bar için)		
	Çimlenme oranı	Kök uzunluğu	Sürgün uzunluğu	Çimlenme oranı	Kök uzunluğu	Sürgün uzunluğu
İki sıralı çeşitler						
Anka 06	71.7	167.4	121.8	41.9	42.7	0.0
Arta	82.6	123.7	91.0	15.1	41.0	0.0
Asil	87.2	119.8	94.4	76.1	58.0	28.4
Ayrancı	91.5	104.9	77.5	67.9	35.4	0.0
Barış	105.7	119.0	83.8	61.8	92.7	0.0
Bozlak	102.8	171.3	122.7	67.0	64.1	21.6
Burakbey	101.4	120.0	69.4	49.2	25.4	0.0
Cacabey	106.6	124.4	100.6	55.0	21.7	0.0
Harrington	89.0	101.6	87.4	2.7	8.5	0.0
Hasat	98.7	157.5	113.7	84.0	98.1	21.5
Heysel	94.1	142.5	103.3	66.8	30.2	0.0
Keykubad	98.6	77.7	55.8	53.5	11.1	0.0
Misket	85.6	127.1	85.4	60.4	28.8	0.0
Ocak	100.0	176.5	100.9	62.3	86.9	31.6
Pınar	101.6	113.1	96.2	6.7	8.8	13.2
Sabribey	107.4	106.2	99.9	29.2	74.8	54.5

Çizelge 5. (Devamı)

Samyeli	93.2	87.6	61.7	51.9	33.8	0.0
Tadmor	97.3	48.6	35.9	24.0	4.1	0.0
Tarm 92	95.8	91.9	65.0	55.6	10.3	0.0
Tokak	98.7	113.6	76.6	16.0	15.2	0.0
Ünver	100.0	161.0	110.2	21.3	38.9	0.0
Yaba	98.7	99.3	79.3	32.0	54.8	38.9
Yüksel	104.3	119.7	86.5	74.9	94.6	50.5
Ortalama	96.2	120.6	87.8	46.8	42.6	11.3
Altı sıralı çeşitler						
Altıkat	98.7	112.1	88.3	50.7	34.1	0.0
Dara	92.0	153.9	110.4	86.7	92.0	51.9
Çetin 2000	78.7	150.4	103.8	65.3	58.8	13.4
Epona	97.3	132.4	107.1	80.0	89.7	62.9
Etincel	100.0	64.0	51.5	62.7	62.0	30.8
Hazar	97.3	168.6	127.5	24.0	87.9	0.0
Helke	92.2	124.0	94.8	17.9	65.2	49.4
Kendal	100.0	125.4	93.7	86.7	80.6	54.3
Kral 97	94.9	131.4	82.3	68.8	82.1	16.3
Lord	94.7	120.1	89.6	41.3	50.0	0.0
Scarpia	104.5	103.5	94.6	37.6	33.0	0.0
Steptoe	47.8	145.2	107.8	4.8	7.1	0.0
Yaprak	100.1	124.1	79.8	32.3	37.8	8.3
Ortalama	92.2	127.3	94.7	50.7	60.0	22.1
Genel ortalama	94.7	123.0	90.3	48.2	48.9	15.2

Sonuç

Çalışmanın neticesinde PEG konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çimlenme oranı, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu azalmıştır. Çeşitlerin çimlenme oranları incelendiğinde Kendal, Hasat, Dara ve Epona çeşitlerinin erken gelişme dönemindeki kuraklık stresine toleranslı, Steptoe, Harrington ve Arta çeşitlerinin ise duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Kök uzunluğu, bakımından en uzun kök uzunluğu Hasat ve Barış çeşitlerinden, en kısa kök uzunluğu ise Scarpia, Harrington, Dara ve Steptoe çeşitlerinden elde edilmiştir. Sürgün uzunlukları bakımından ise, en uzun sürgünler Tarm 92, Sabribey ve Yaba çeşitlerinden elde edilirken, en kısa sürgün uzunluğu Scarpia çeşidinde görülmüştür. Kuraklığın şiddetinin artırıldığı -6 bar ozmotik streste kuraklık tolerans indeksi değerlerine bakıldığında çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu bakımından sırasıyla Epona, Dara, Kendal, Yüksel ve Hasat çeşitleri en yüksek değerlere sahip olmuştur. Son yıllarda kuraklık stresi bitki gelişiminin her döneminde görülmektedir. Çimlenme döneminde kuraklık stresi görülen bölgelerde bu çeşitlerin tercihi, üretimin ilk aşaması olan iyi bir fide gelişimini desteklemesi nedeniyle kuraklık stresinin etkilerini azaltabilir. Aynı zamanda gelecek ıslah programlarında erken dönem kuraklık stresinin de dikkate alınması gerekmektedir. Sonuç olarak bu araştırmada öne çıkan arpa çeşitleri erken dönemde kuraklık streste toleranslı çeşit geliştirmek ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılabilir.

Teşekkür

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 herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abdel-Ghani, A.H., Neumann, K., Wabila, C. Sharma R., Dhanagond S., Owais S. J., Borner, A., Graner, A. ve Kilian B., 2015. Diversity of germination and seedling traits in a spring barley (*Hordeum vulgare* L.) collection under drought simulated conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1 62, 275–292.
- Amini, R. 2013. Drought stress tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by priming with PEG. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(20), 803-808.
- Aydın, M., Hossein Pour, A., Tosun, M. And Haliloğlu, K. 2016. Effect of application of putrescine on seedling growth and cell division of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 319-332.
- Balkan, A. 2011. Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) kurağa dayanıklılıkla ilişkili morfolojik ve fizyolojik özelliklerin saptanması üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Balkan, A. Ve Gençtan, T. 2013. Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) osmotik stresin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 44-52.
- Bilgili, D., Atak, M. ve Mavi, K. 2019. Effects of peg-induced drought stress on germination and seedling performance of bread wheat genotypes. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 29(4), 765-771.
- Dolgun, C. Ve Aydoğan Çıfci, E. 2018. Farklı kuraklık stresi seviyelerinin makarnalık buğday çeşitlerinde çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(2): 99-109.
- Kachare, S., Tiwari, S. and Tripathi, N. 2016. Effectiveness of drought tolerance indices to identify tolerant genotypes in soybean (*Glycine max* (L.) merr.). *National Journal of Life Science*, 13(1): 11-13.
- Karahan, S. 1996. Buğdaylarda (*Triticum* spp.) kurağa dayanma mekanizmasının laboratuvar, sera ve tarla şartlarında incelenmesi ve dayanıklı çeşitlerin seçimi ve sonuçların ıslah programlarında kullanılması üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla bitkileri Anabilim Dalı.
- Khafagy, M. A., Mohamed, Z. A. A., Farouk, S., and Amrajaa, H. K. 2017. Effect of pre-treatment of barley grain on germination and seedling growth under drought stress. *Advances in Applied Sciences*, 2(3), 33-42.

- Kılıç, B. 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kutlu, İ. 2010. Tahıllarda kuraklık stresi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 3(1): 35-41.
- Landjeva, S., Neumann, K., Lohwasser, U. and Börner, A. 2008. Molecular mapping of genomic regions associated with wheat seedling growth under osmotic stress. *Biologia Plantarum*, 52: 259-266.
- Macar, T. M. 2008. Effects of water deficit induced by peg and nacl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. *G.U. Journal of Science*, 22: 5-14.
- Michel, B. E. and Kaufmann, M. R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant physiology*, 51(5), 914-916.
- Özdemir Dirik, K., Saygılı, İ., Özkurt, M. ve Sakin, M. A. 2018. Bazı yerel ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin ozmotik stres altında erken gelişme dönemindeki kuraklık Toleransının belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(2): 95-101.
- Özdemir Dirik K., Saygılı, İ., Özkurt, M. ve Sakin, M. A. 2020. Bazı yerel ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin erken gelişme dönemindeki tuz stresine toleransının incelenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(3): 688-693.
- Özdemir Dirik, K. 2020. Tokat, Amasya ve Çorum orijinli yerel ekmeklik buğday çeşitlerinin bazı tarımsal özellikler ve geç gelişme dönemlerindeki kuraklığa tolerans yönünden karakterizasyonu. Doktora tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Özdemir Dirik, K., Sakin, M.A., İnanç, M. ve Sönmez, F. 2022. Bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin tokat-kazova koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(4): 800-810.
- Özkurt, M., Saygılı, İ. ve Özdemir Dirik, K. 2019. Bazı yonca çeşitlerinin erken gelişme dönemindeki kuraklık toleransının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4): 557-562.
- Öztürk, A., Taşkesenligil, B., Haliloğlu, K., Aydın, M. and Çağlar, Ö. 2016. Evaluation of bread wheat genotypes for early drought resistance via germination under osmotic stress, cell membrane damage, and paraquat tolerance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 146-159.
- Öztürk, Y., Tatar, N. ve Budaklı Çarpıcı, E., 2018. Tuz stresi koşullarında polietilen glikol ön uygulamalarının kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(1): 141-149.
- Rauf, M., Munir, M., Hassan, M.U., Ahmad, M. and Afzal, M. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *Afr. J. Biotechnol.*, 6(8): 971-975.
- Rubinstein, B., 1982. Effects of osmotic shock. *Plant Physiology*, 69: 939-944.
- Sarı, N. ve İmamoğlu, A. 2009. Menemen ekolojik koşullarına uygun ileri arpa hat ve çeşitlerinin belirlenmesi. *Anadolu J. of AARI.*, 19(1): 24-33.

- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125: 27-58.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F. and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168: 223– 231.
- Uslu, Ö.S., Gedik, O., Alhamedi, M. ve Alminfi, K. 2021. Kuraklık stresinin bazı yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 3(2): 28-36.
- Villela, F.A., Doni Filho, L. and Sequeira, L.E. 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 26: 1957-1968.
- Veselov, D.S, Mustafina, A.R., Sabirjanva, I.B., Akhiyarova, G.R., Dedov, A.V., Veselov, S.U. and Kudoyarova, G.R. 2002. Effect of PEG-treatment on the leaf growth response and auxin content in shoots of wheat seedlings. *Plant Growth Regulation*, 38: 191-194.
- Yalçın Okursoy, M. 2006. Ekmeklik buğday genotiplerinin in vitro ve in vivo koşullarında kuraklığa dayanıklılık yönünden değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı.



Climate Change Impacts on Precipitation Dynamics in the Southern Marmara Region of Turkey^A

Ali Kaan YETİK^{1,*}, Burak Nazmi CANDOĞAN²

Abstract: Understanding the dynamics of precipitation patterns is crucial for effective water management strategies, especially in regions vulnerable to the impacts of climate change. This study investigates the projected changes in annual and seasonal precipitation across the Southern Marmara Region of Turkey by comparing the averages of the reference period (1971-2000) with those of the future period (2061-2090). Employing multiple climate models (*GFDL*, *HADGEM*, and *MPI*) and Representative Concentration Pathways (*RCP4.5* and *RCP8.5*), the analysis includes Mann-Kendall trend tests and Sen's slope method to determine trends in precipitation patterns. Key findings reveal significant variability in precipitation projections among different models and scenarios, with implications for water resource management, agriculture, and ecosystem resilience in provinces such as Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Bilecik, and Yalova. According to the annual rainfall change rates relative to the reference period, Balıkesir province stands out as the most resilient province against climate change with average rates of 8.81% and 7.09% under the HADGEM and MPI model simulations, respectively. Regarding seasonal variations, Bilecik province is expected to experience a significant decrease in rainfall, reaching up to -53.78% under the MPI RCP8.5 scenario. In terms of within-period changes in annual rainfall values, the strongest declining trend was identified with $Z=-2.03$ in Bilecik province under the MPI RCP8.5 scenario conditions by the Mann-Kendall test. On the other hand, for seasonal variations, Bursa province demonstrates the most robust decreasing trend under the GFDL RCP4.5 conditions ($Z=-2.89$). The study

^A This study does not require ethics committee approval. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Niğde Ömer Halisdemir University, Agricultural Sciences and Technology, Niğde, Turkey, alikaanyetik@ohu.edu.tr, [OrcID 0000-0003-1372-8407](https://orcid.org/0000-0003-1372-8407)

² Bursa Uludag University, Faculty of Agriculture, Bursa, Turkey, bncandogan@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9898-5685](https://orcid.org/0000-0001-9898-5685)

emphasizes the importance of considering spatially varying precipitation patterns and potential shifts in atmospheric circulation for sustainable water resource management amidst climate variability and change in the Southern Marmara region. These findings provide critical insights for policymakers and stakeholders involved in developing adaptive strategies to address the challenges posed by future climate scenarios.

Keywords: Precipitation, climate change, Marmara Region, climate models, Mann-Kendall test.

İklim Değişikliğinin Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesi'ndeki Yağış Dinamikleri Üzerindeki Etkileri

Öz: Yağış dağılımının dinamiklerini anlamak, özellikle iklim değişikliğinin etkilerine duyarlı bölgelerde etkili su yönetimi stratejileri için hayati öneme sahiptir. Bu çalışma, referans dönem (1971-2000) yıllık ve sezonluk ortalamalarını gelecek dönem (2061-2090) ortalamaları ile karşılaştırarak Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesi'ndeki yağışlarda öngörülen değişiklikleri incelemektedir. Farklı iklim modelleri (*GFDL*, *HADGEM* ve *MPI*) ve Temsili Konsantrasyon Senaryoları (*RCP4.5* ve *RCP8.5*) kullanılarak gerçekleştirilen analizler, yağış eğilimleri belirlemek için Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim yöntemlerini içermektedir. Temel bulgular, Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Bilecik ve Yalova illerinde su kaynakları yönetimi, tarım ve ekosistem dayanıklılığına ilişkin çıkarımlarla birlikte, farklı modeller ve senaryolar arasında yağış tahminlerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Referans dönemine göre yıllık yağış değişim oranlarına göre Balıkesir ili, *HADGEM* ve *MPI* model simülasyonlarında sırasıyla %8.81 ve %7.09 ortalamalarıyla iklim değişikliğine karşı en dayanıklı il olarak öne çıkmaktadır. Mevsimsel değişimler dikkate alındığında; *MPI RCP8.5* senaryosuna göre Bilecik ilinde yağışlarda önemli bir düşüş yaşanarak, değişimin referans döneme göre -%53.78'e kadar ulaşması beklenmektedir. Mann-Kendall testi ile belirlenen yıllık yağış değerlerinde dönem içi değişimlerde en kuvvetli düşüş eğilimi *MPI RCP8.5* senaryo koşullarında $Z=-2.03$ Bilecik ilinde ile tespit edilmiştir. Öte yandan, sezonluk değişimler açısından, *GFDL RCP4.5* koşullarında en kuvvetli düşüş trendini Bursa ili göstermiştir ($Z=-2.89$). Çalışma, Güney Marmara Bölgesi'ndeki iklim değişkenliği ve bu değişim ortamında sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için mekânsal olarak değişen yağış düzenlerinin ve atmosfer olaylarında potansiyel değişimlerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Bu bulgular, gelecekteki iklim senaryolarının ortaya çıkardığı zorlukların üstesinden gelmek için adaptasyon stratejileri geliştirmede rol olan karar vericiler ve paydaşlar için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yağış, iklim değişikliği, Marmara Bölgesi, iklim modelleri, Mann-Kendall testi.

Introduction

Rainfall, as a fundamental component of the regional climate system, plays a pivotal role in water availability and sustaining agriculture (Subramanian et al., 2023). The variability and distribution of rainfall have far-reaching implications, affecting from soil quality to government policies and planning. As a primary source of freshwater, rainfall sustains not only agricultural productivity but also plays a crucial role in supporting terrestrial and aquatic ecosystems. It provides essential hydration for crops, contributing directly to their growth and yield. Additionally, rainfall replenishes groundwater reserves and maintains the ecological balance necessary for the survival of various crop and animal species, including those crucial for soil fertility and natural pest control (McLaughlin and Kinzelbach, 2015). Rainfall, which holds crucial importance for ecosystems due to the mentioned effects, has been altered by urbanization, industrialization, land-use changes, and the effects of climate change, posing challenges for water resource management. Against this backdrop, delving into the distribution of rainfall becomes essential for devising informed strategies for adaptation, enhancing resilience, and fostering sustainable development in different regions. Given its crucial role, studies were extensively conducted on distribution and fluctuations of precipitation globally (New et al., 2001; Gemmer et al., 2004; Adler et al., 2017; Carvalho, 2020; Guo et al., 2020; Ekwueme and Agunwamba 2021; Verma et al., 2022; Berhail and Katipoğlu, 2023). Alongside global studies, the increasing temperatures within intricate climatic system of Turkey make it one of the countries most affected by climate change, underscoring the importance of examining precipitation patterns in Turkey (Yetik et al., 2024).

The drought events pose a mounting challenge in various regions worldwide, including Turkey (Serkendiz et al., 2023). Turkey falls within the Mediterranean macro-climate zone, characterized by sub-tropical lands along its western coasts (Türkeş and Deniz, 2011). Coastal regions are even more vulnerable to the impacts of current and projected climate change, with the mean temperature having increased by 0.85 °C over the past century (Solomon, 2007; Toros et al., 2019). The Southern Marmara region, comprising provinces of Bursa, Bilecik, Balıkesir, Çanakkale, and Yalova, serves as a transition zone between various climate zones and has a coastline along the Marmara Sea. It also shares some features of the Mediterranean climate belt. Known for its diverse landscapes ranging from fertile plains to rugged mountains, the Southern Marmara region plays a crucial role in the agricultural and economic sectors of the country (Koldemir, 2016). However, the region also faces challenges related to climate change, including fluctuations in rainfall patterns, and increasing aridity (Sevim et al., 2022).

Evaluations to determine the risks posed by future changes in rainfall on agriculture and water resources are crucial for fostering initiatives towards sustainable development in Turkey. Türkeş et al. (2020) investigated future precipitation changes in Turkey, utilizing regional climate model simulations to assess alterations in seasonal precipitation climatology, extreme weather conditions, and aridity conditions for the period of 2021–2050 compared to the reference period of 1971–2000. Another study by Danandeh Mehr and Kahya (2017) examined the impacts of climate change on catchment-scale extreme rainfall variability, focusing specifically on Rize Province, Turkey. Gorguner et al. (2019) assessed the impact of future climate change on precipitation and

water resources in Gediz Basin (Turkey) by dynamically downscaling CMIP5 projections. Yilmaz (2015) investigated the effects of climate change on historical and future extreme rainfall in Antalya, Turkey. Nigussie and Altunkaynak (2019) investigated the impacts of climate change on the trends of extreme rainfall indices and maximum precipitation values at Olimpiyat Station, Istanbul, Turkey. As highlighted by Türkeş (1998), varied geographic characteristics of Turkey mean that different regions will experience climate change effects in distinct ways and to varying extents. Therefore, understanding the distribution and fluctuations of rainfall in the specific regions is critical for devising tailored adaptation and negativity mitigation strategies, ensuring effective responses to the localized challenges posed by climate change. In this study, the rainfall data of Southern Marmara Region of Turkey were examined for the reference (1971-2000) and future (2061-2090) periods. Trends of annual and seasonal (May-September) rainfall values were determined using Mann-Kendall Test and Sen Method.

Material and Method

Study Site

The study was carried out for five provinces of the Southern Marmara Region (Figure 1). The Southern Marmara region, situated in the northwest of Turkey, encompasses provinces of Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Bilecik, and Yalova. This region exhibits diverse topographical features, ranging from mountainous terrain to coastal plains, which significantly influence its climate patterns and precipitation regimes (Sarış et al., 2010). Its proximity to the Aegean and Marmara Seas plays a crucial role in shaping local weather conditions, with maritime influences often moderating temperatures and contributing to precipitation variability throughout the year. Table 1 presents the geographical location characteristics of the stations and the average annual rainfall amounts obtained from the Turkish State Meteorological Service covering a long-term period (TSMS, 2024).

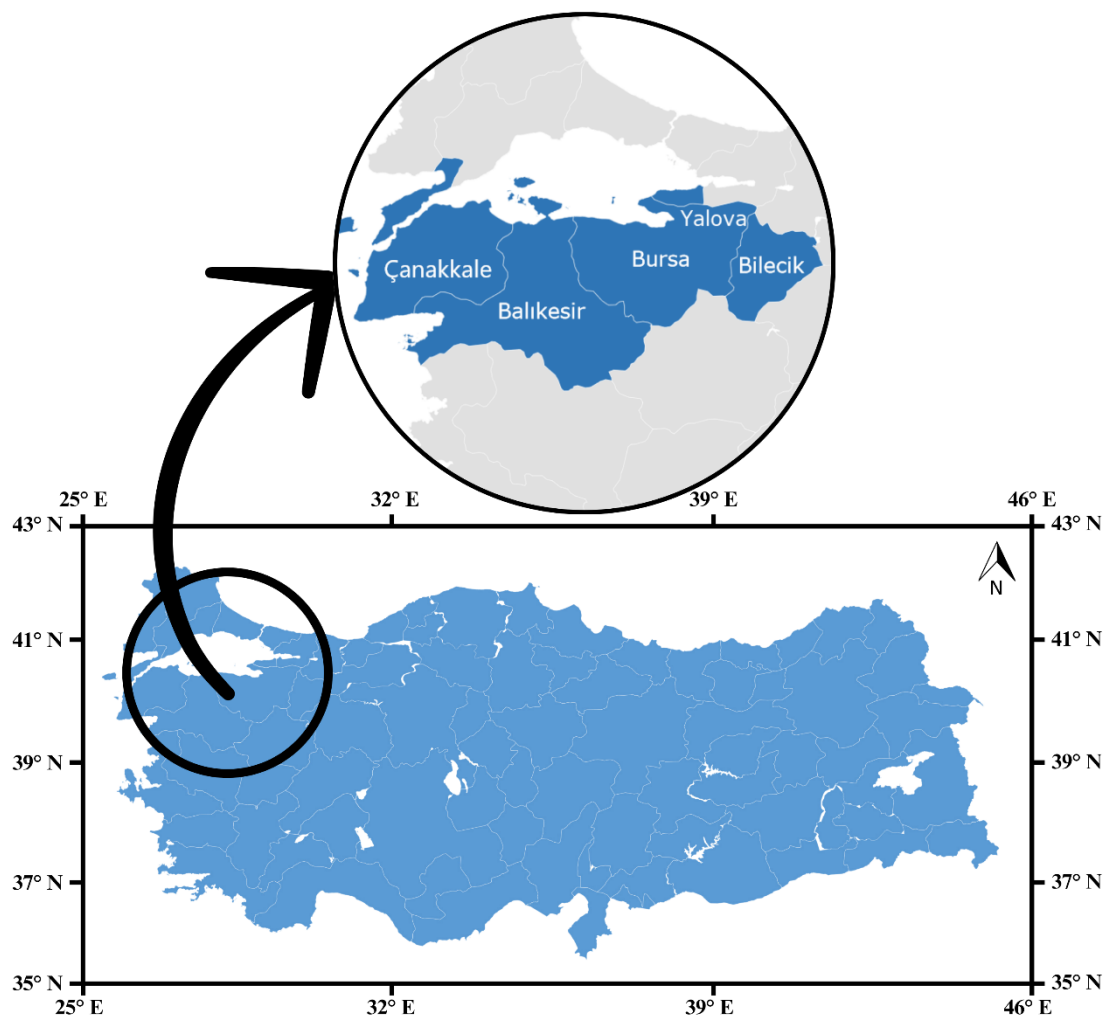


Figure 1. Study site

Table 1. The features of meteorological stations in the Southern Marmara Region 25

Station	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Annual precipitation (mm)	Record period
Çanakkale	40.31	26.35	2	624.4	1929-2023
Balıkesir	40.35	28.05	70	675.6	1999-2023
Bursa	40.18	29.03	100	707.4	1928-2023
Yalova	40.55	29.27	30	754.6	1931-2023
Bilecik	40.19	30.00	500	459.6	1939-2023

Precipitation Data Set

The study utilized three distinct global climate models (*GCMs*) alongside two Representative Concentration Pathways (*RCPs*) to assess historical and projected precipitation patterns at selected meteorological stations. The chosen *GCMs* include HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, and GFDL-ESM2M, while the selected *RCPs* are RCP4.5

and RCP8.5. RCP4.5 represents a scenario with a higher likelihood of occurrence, whereas RCP8.5 is considered the most pessimistic scenario due to its anticipation of the highest global increases in temperatures and radiative forcing values (Javaherian et al., 2021; Khoirunisa, 2022). The datasets were created using the regional climate model (*RegCM4.3.4*) methodology by Akçakaya et al. (2015). This approach enables a comprehensive assessment of daily precipitation values, facilitating the determination of changes and trends in historical patterns and future projections. The base period used in the study spans from 1971 to 2000, serving as the reference for comparison, while future projections are made for the period 2061-2090.

Data Analysis

Two distinct methods were employed to assess precipitation pattern trends: the Mann-Kendall trend test and Sen's slope method. The Mann-Kendall trend test is a non-parametric statistical test used to detect trends in time-series data, evaluating whether a monotonic upward or downward trend exists over a specified period. The test statistic, denoted as S , is calculated as the sum of signs of differences between pairs of data points. The significance of the trend is determined by comparing the test statistic to a critical value obtained from the Kendall distribution (Kendall, 1948; Kendall, 1975). The statistics for the Mann-Kendall test (S) are provided below (Equation 1):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{Sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

In the Equation 1, the symbol “ n ” signifies the number of data points, while “ X_j ” and “ X_i ” denote the annual values in years “ j ” and “ i ”, respectively, with “ j ” greater than “ i ”. The expression $\text{Sign}(X_j - X_i)$ represents the sign function, which assigns values of either 1, 0, or -1 based on the comparison between X_j and X_i . A positive value of S indicates a trend of increasing magnitude, while a negative value suggests a decreasing trend. However, to validate the significance of this phenomenon, a statistical analysis is required. The test procedure, utilizing the normal approximation test, is elaborated by Kendall (1975). This test assumes that the dataset does not contain numerous consecutive values. The variance (S) is computed using the following equation (Equation 2):

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (2)$$

In the Equation 2, n represents the number of data points, g denotes the count of zero differences between compared values, and tp signifies the number of data points. A standardized measure of test statistics (Z_{mk}) is calculated using the following equation (Equation 3):

$$Z_{mk} = \begin{cases} (S-1)/\sqrt{\text{Var}(S)} & S < 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S+1)/\sqrt{\text{Var}(S)} & S > 0 \end{cases} \quad (3)$$

The standardized Z_{mk} values are determined to follow a normal distribution with mean 0 and variance 1, serving as a measure of trend significance.

In contrast, Sen's slope method, also known as the Sen-Theil slope estimator, estimates the magnitude and direction of the trend by calculating the median of the slopes of all possible pairs of data points (Van Belle and Hughes, 1984). This method is robust to outliers and does not assume normality in the data distribution. The slope, denoted as Q , is computed as the median of the differences between all pairs of data points (Sen, 1968). The slope of Sen is calculated as the mean of all pairwise slopes for any pair of points in the dataset. Each individual slope (m_{ij}) is estimated using the following equation (Equation 4):

$$m_{ij} = \frac{Y_j - Y_i}{j - i} \quad (4)$$

The Von Neumann Ratio test, introduced in Bartel (1982), was used to assess the changes within the precipitation dataset. This method contrasts the disparities in ranks between consecutive observations against the total variability of those ranks. The test statistic (N) is calculated as the ratio between the sum of squared rank differences and the sum of squared deviations from the mean rank. In cases where the sample size consists of 30 records (n), when the N value falls below 1.20 ($p < 0.01$) and 1.42 ($p < 0.05$), it indicates statistical significance levels of 1% and 5%, respectively, implying a notable shift in the time series.

Results and Discussion

The von Neumann test was utilized to assess the homogeneity of the precipitation dataset of stations across three distinct models and three different time periods (Table 2). The calculated N values consistently exceeded the predefined threshold for significance at the 1% and 5% levels, indicating the homogeneity of the dataset. This result underscores the stability of the underlying trend in the data across all examined models, time periods, and stations. Gürkan et al. (2024) stated that utilization of meteorological stations with continuous data for their

assessments of the reference period (1971-2000) and future period (2023-2098). The presence of stations located in Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Bilecik, and Yalova among those selected by the researchers was notable.

Table 2. Results of von Neumann Homogeneity Test for the stations across various models, periods

Model	Station	Seasonal						Annual					
		RF		GL_45		GL_85		RF		GL_45		GL_85	
		N	p	N	p	N	p	N	p	N	p	N	p
GFDL	Çanakkale	1.839	0.331	1.608	0.136	2.562	0.950	2.031	0.541	1.786	0.272	2.522	0.934
	Balıkesir	2.113	0.625	2.364	0.848	2.225	0.728	2.017	0.515	1.875	0.364	2.046	0.545
	Bursa	2.507	0.921	1.492	0.080	2.189	0.696	1.941	0.436	1.878	0.369	1.935	0.428
	Yalova	2.117	0.629	1.595	0.133	2.339	0.823	1.531	0.102	1.780	0.276	2.353	0.843
	Bilecik	2.461	0.905	1.458	0.059	2.532	0.934	1.708	0.220	2.041	0.543	1.998	0.496
HADGEM	Çanakkale	1.628	0.153	2.176	0.676	1.796	0.284	2.463	0.904	2.407	0.871	2.284	0.794
	Balıkesir	1.942	0.441	2.513	0.943	2.090	0.571	1.932	0.424	2.193	0.705	2.254	0.761
	Bursa	1.975	0.475	2.258	0.764	1.632	0.154	1.992	0.487	1.576	0.120	2.072	0.578
	Yalova	1.890	0.390	2.383	0.864	1.448	0.060	1.939	0.440	1.956	0.456	1.713	0.216
	Bilecik	1.883	0.372	2.104	0.614	1.947	0.443	1.677	0.190	1.591	0.130	1.883	0.373
MPI	Çanakkale	2.055	0.547	2.001	0.495	1.797	0.294	2.663	0.973	2.456	0.894	1.519	0.092
	Balıkesir	1.919	0.393	2.129	0.623	1.567	0.113	2.012	0.508	2.723	0.996	2.097	0.609
	Bursa	1.951	0.436	2.582	0.952	2.197	0.693	1.690	0.192	1.976	0.478	1.721	0.227
	Yalova	1.877	0.362	2.666	0.974	1.925	0.406	1.702	0.208	2.114	0.634	2.073	0.584
	Bilecik	2.074	0.579	1.937	0.398	2.339	0.828	1.917	0.413	2.228	0.730	1.715	0.219

The annual and seasonal precipitation results for different cities and different periods obtained from dataset of various models are presented in Table 3. The GFDL model generally predicts higher annual and seasonal precipitation levels compared to other models across the five cities. This may indicate a tendency towards overestimation of precipitation in the region by the GFDL model. However, it is important to note the variability within the different scenarios of model, as seen in the fluctuations of precipitation levels across seasons and cities. Koç (2001) conducted a comprehensive analysis of precipitation patterns within an extensive area encompassing the Marmara Region, shedding light on the presence of erratic precipitation phenomena. The findings revealed the diverse nature of precipitation behavior in the region, indicating that variations in precipitation levels occur not only across different seasons but also within different cities. The most significant change in the GFDL model was observed in the Yalova province, where the annual precipitation amount decreased from 877.7 mm to 753.1 mm. Bursa, Yalova, and Bilecik exhibit lower precipitation amounts under the GFDL RCP8.5 scenario compared to the RCP4.5 scenario, whereas Çanakkale and Balıkesir provinces experience higher precipitation under the RCP8.5 scenario.

Under the HADGEM model, there is significant variability in the projected precipitation levels across different cities and scenarios (Table 3). For instance, in Balıkesir, the model predicts higher precipitation amounts under future scenarios, indicating uncertainties in precipitation projections, while observed a seasonal precipitation increase from 190.3 mm to 259.0 mm. This discrepancy between the HADGEM model and the other two models, where precipitation decreases in the future, suggests the need for further investigation into the

underlying mechanisms. The limiting factors utilized in the development of the models are considered as the fundamental reasons behind the discrepancies observed in the conducted simulations. The complexity in interpreting precipitation projections stems from the inherent discrepancies among different climate models, leading to uncertainties regarding the direction and magnitude of future precipitation changes (Agarwal et al., 2014). The utilization of multiple climate models in studies aims to better analyze these disparities, which is crucial for improving the accuracy and reliability of climate projections (Tebaldi and Knutti, 2007).

The MPI model presents a different perspective on precipitation projections, generally forecasting lower precipitation levels across the region compared to other models. For instance, in Bursa, the MPI model predicts relatively lower annual and seasonal precipitation levels compared to the GFDL and HADGEM models. When focusing on seasonal rainfall, decreases are observed across all provinces, with the highest differences between the RF and GL_RCP8.5 scenarios occurring in the provinces of Yalova (59.9 mm) and Bilecik (53.1 mm).

Table 3. The annual and seasonal precipitation values obtained from models for different scenarios

Model	Period	Çanakkale		Balıkesir		Bursa		Yalova		Bilecik	
		Annual	Seasonal	Annual	Seasonal	Annual	Seasonal	Annual	Seasonal	Annual	Seasonal
GFDL	RF	730.5	573.6	822.1	506.1	648.2	322.9	877.7	476.2	632.7	312.1
	GL_45	634.8	470.8	771.0	462.0	611.9	283.0	773.6	383.5	604.5	271.9
	GL_85	663.9	489.5	797.5	501.7	582.5	260.1	753.1	373.2	572.7	252.4
HADGEM	RF	855.4	351.0	764.1	190.3	630.3	175.2	842.1	222.1	628.0	185.9
	GL_45	878.4	378.4	790.3	224.9	607.5	176.8	821.6	205.3	639.4	189.4
	GL_85	844.2	355.8	872.6	258.0	645.3	204.1	836.4	243.6	625.4	206.3
MPI	RF	628.3	94.0	459.4	102.1	447.7	95.8	536.6	133.7	407.1	98.7
	GL_45	620.0	90.0	532.1	117.1	477.0	86.4	568.4	124.3	423.8	80.6
	GL_85	642.0	83.2	451.9	76.3	415.3	53.6	484.1	73.8	356.5	45.6

Figure 2 illustrates the annual and seasonal change rates relative to the Reference (RF) period, providing insights into the variations in precipitation trends across different models and scenarios. In the analysis of annual precipitation change rates relative to the RF period across different provinces and climate models, notable variations are noticed. Çanakkale demonstrates consistent decreases under the GFDL model for annual period in both GL_RCP4.5 and GL_RCP8.5 scenarios, with rates of -13.11% and -9.12%, respectively. Conversely, the HADGEM model shows mixed trends, with an increase of 2.69% under GL_RCP4.5 and a decrease of -1.31% under GL_RCP8.5 for annual period. Similarly, the MPI model presents contrasting results, indicating a decrease of -1.32% under GL_RCP4.5 and an increase of 2.18% under GL_RCP8.5 for annual. In Balıkesir, while the GFDL model suggests decreases in both scenarios, the MPI model projects increases, particularly notable with a significant increase of 15.82% under GL_RCP4.5. Bursa experiences decreases for RCP4.5 scenario under the GFDL and HADGEM models (-5.60% and -3.61%) but shows increases under the and MPI model (6.55%), indicating a complex pattern of precipitation changes. Yalova and Bilecik provinces exhibit significant similarities in annual precipitation changes across different models, with both provinces showing a decreasing trend proportionally under the RCP8.5 scenarios in all models. Specifically, change rates of Yalova for this

scenario ranged between -0.68% and -14.19%, while for the Bilecik between -0.42% and -12.42%. In examining seasonal variations under future scenarios, notable fluctuations in percentage changes of rainfall are observed across the models and regions, compared to the reference period of 1971-2000 (*RF*) averages. Overall, the minimum and maximum changes are significant, with certain areas experiencing substantial shifts. For instance, in Çanakkale, under both RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, the GFDL model shows a minimum increase of approximately 1.36% and a maximum decrease of about -17.92%. Conversely, in Balıkesir, the HADGEM model exhibits a maximum increase of roughly 18.15% and a maximum decrease of approximately -25.22% under RCP8.5, indicating considerable changes in precipitation relative to the reference period. Similarly, Bursa demonstrates noteworthy disparities, with the HADGEM model forecasting a decrease of around -43.99% in the scenario of RCP8.5. Yalova and Bilecik provinces, on the other hand, stand out as the provinces exhibiting maximum changes in the seasonal variations, with decreases of -44.80% (HADGEM RCP8.5) and -53.78% (MPI RCP8.5), respectively.

Sohoulande Djebou and Singh (2016) highlighted that climate change was expected to disrupt precipitation patterns, with significant implications for various aspects of water resources. In this sense, numerous studies have investigated future precipitation changes using different climate models worldwide (Kundu et al., 2014; Gao et al., 2020; Doulabian et al., 2021; Fan et al., 2021; Yaghoobzadeh, 2022). In the context of studies conducted in Turkey, Demircan et al. (2017) provided insights into the projected precipitation trends for the different regions of Turkey. Their findings, under the RCP4.5 scenario, suggest a significant decrease in summer precipitation, with anticipated reductions of up to 30%. On the other hand, under the RCP8.5 scenario, increased winter precipitation was indicated, particularly in northern Anatolia, alongside declines in spring precipitation across Turkey, including the Marmara region. Moreover, when summer rainfall was examined, coastal areas of the Marmara region showed no significant decrease in the HadGEM2-ES model, whereas decreases were observed in the MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M models. Bağçacı et al. (2021) analyzed precipitation changes over Turkey using CMIP6 database for climate, indicating a slight decrease in mean precipitation (-2.5%) and notable changes in extreme precipitation, with up to a 40% decrease in some regions. Seddiqe et al. (2023) examined the effects of climate change on streamflow in the Ayazma river basin, situated in the Marmara region of Turkey. Utilizing Regional Climate Model (*RCM*) outputs from CNRM-CM5/RCA4, EC-EARTH/RACMO22E, and NorESM1-M/HIRHAM5 under the RCP4.5 and RCP8.5 emission scenarios, they observed significant increases in precipitation projections, with positive anomalies ranging from 22 to 227 mm. The variability in the precipitation climate of the Marmara region was attributed to various factors.

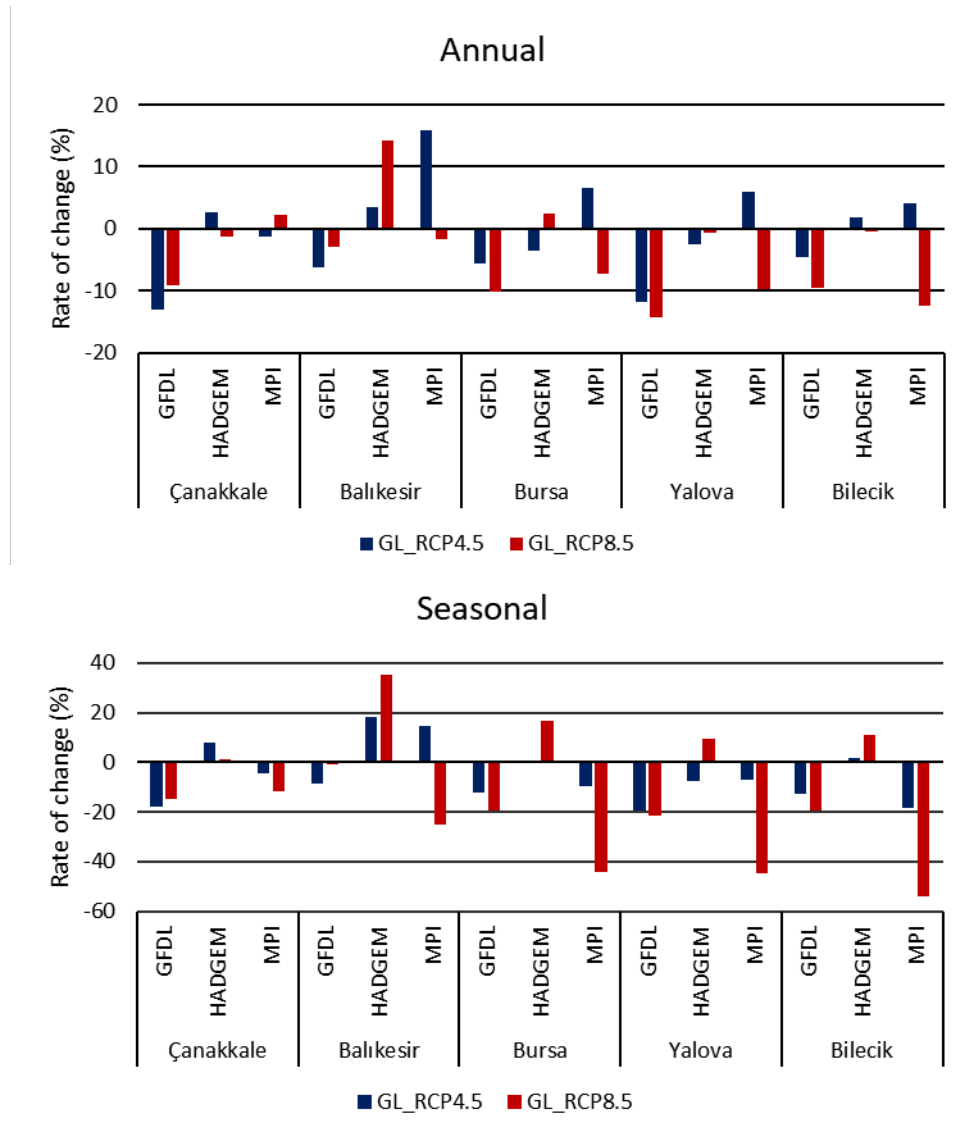


Figure 2. Annual and seasonal precipitation change rates relative to the reference period

The proximity of the Marmara region to the Black Sea and its complex topography contribute to this variability. Precipitation patterns are influenced by atmospheric circulation types, with northerly and easterly maritime trajectories playing a significant role in contributing to rainfall. However, stations farther away from the Black Sea, especially those in the western part of the region, experience rainfall associated with southerly components. This spatially heterogeneous response of precipitation to atmospheric circulation explains the complexity of the climate of region (Baltacı et al., 2015; Sirdaş et al., 2016).

The analysis of trends in annual precipitation data for the Southern Marmara Region is shown in Figure 3 , with significance levels at 1%, 5%, and 10%. The analysis conducted using the GFDL model revealed significant variations in annual precipitation trends across different cities under various RCP scenarios. During the RF period, all cities exhibited negative trends, with the sole statistically non-significant alteration detected in

Balıkesir ($Z=-1.57$). For both RCP scenarios, no significant trends were determined between the years 2061 and 2090. The results from the HADGEM model revealed upwards trends during the RF period, with a significant positive trend detected in Bilecik ($Z=2.21$, $\alpha=0.05$). Furthermore, under the RCP8.5 scenario conditions, the model yielded results indicating adverse impacts on annual precipitation in the region, with a downward trend identified in all provinces except Bilecik. The MPI model stood out among all models as the one in which the adverse effects of climate change on annual precipitation distribution were most prominently observed. According to the model results, negative trends were identified for all provinces during the RF period, and these trends were significant for the provinces of Bursa (10%), Yalova (5%), and Bilecik (10%).

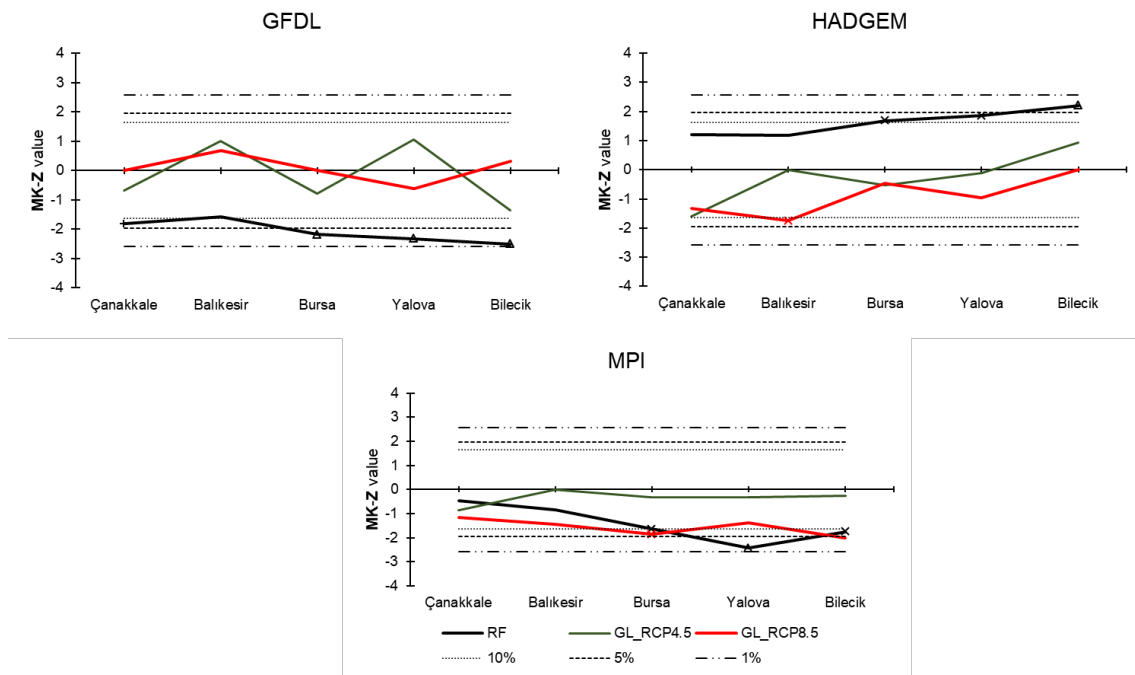


Figure 3. Mann-Kendall test results of annual precipitation for different models and periods

The analysis of trends in seasonal precipitation data for the Southern Marmara Region is shown in Figure 4, with significance levels at 1%, 5%, and 10%. Considering the seasonal analysis, it is pivotal to highlight the implications of these findings for agricultural irrigation, particularly in the context of water-intensive farming practices. In the seasonal results of the GFDL model, a negative change direction was observed for all provinces and scenarios. The strongest trend during the RF period was identified in Çanakkale with $Z=-2.28$ ($\alpha=0.05$), while the province with the lowest Z value was Balıkesir ($Z=-1.46$). In the RCP4.5 scenario, a significant decrease of 1% was observed in Bursa, while significant decrease trends of 10% were found in Yalova and Bilecik provinces. In the RCP8.5 scenario, trends close to 0 were observed in Balıkesir and Bilecik provinces. The HADGEM model was identified as the model with the lowest frequency of intra-seasonal precipitation changes during the RF period. For the RCP4.5 scenario, no significant trends were observed, with the strongest trend identified in Bursa province with $Z=-1.07$. In the RCP8.5 scenario, intra-seasonal changes were quite pronounced, with significant decreasing trends of 5% identified in all provinces except Bilecik. Finally, the MPI

model revealed negative trends for all provinces and scenarios. During the RF period, Bursa, Yalova, and Bilecik provinces exhibited the most severe trends, with Bilecik was emerged as the province expected to experience the most significant decrease in precipitation in both RCP scenarios in the future period (Figure 3). Given that variability in coastal regions is influenced not only by meteorological parameters but also by geological conditions, it is critical to examine temporal changes through pointwise Mann-Kendall testing (Xavier Junior et al., 2020). Demir and Kisi (2016) utilized the Mann-Kendall test method to analyze trends in annual total precipitation across provinces in the central Black Sea region. They found varying trends of increasing and decreasing annual total precipitations across the six provinces (Sinop, Samsun, Ordu, Corum, Amasya, and Tokat) within the region. Bağdatlı and Can (2019) conducted a study using the Mann-Kendall tests and reported significant increases in maximum precipitation trends during winter and autumn months in Nevşehir province and Ürgüp districts, while total precipitation exhibited a negative trend in spring and autumn seasons. Çiçek and Duman (2015) investigated seasonal and annual precipitation trends in Turkey, utilizing data from 1975 to 2008 from 83 meteorology stations and identified decreasing trends in all seasonal and annual precipitation. Nuri Balov and Altunkaynak (2019) investigated the impacts of climate change on precipitation Western Black Sea Basin, Turkey using historical and projected daily precipitation data from GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, and MPI-ESM-MR global circulation models under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. Trend analyses with the Mann-Kendall test during the reference period (1971–2000) revealed a strong increasing trend in indices in the eastern part of the basin, while non-significant trends were observed in the western part. For the future period (2020–2099) with the threat of climate change, the temporal patterns of precipitation are poised to undergo significant alterations, potentially leading to pronounced fluctuations in intra-seasonal rainfall dynamics (Trenberth, 2011).

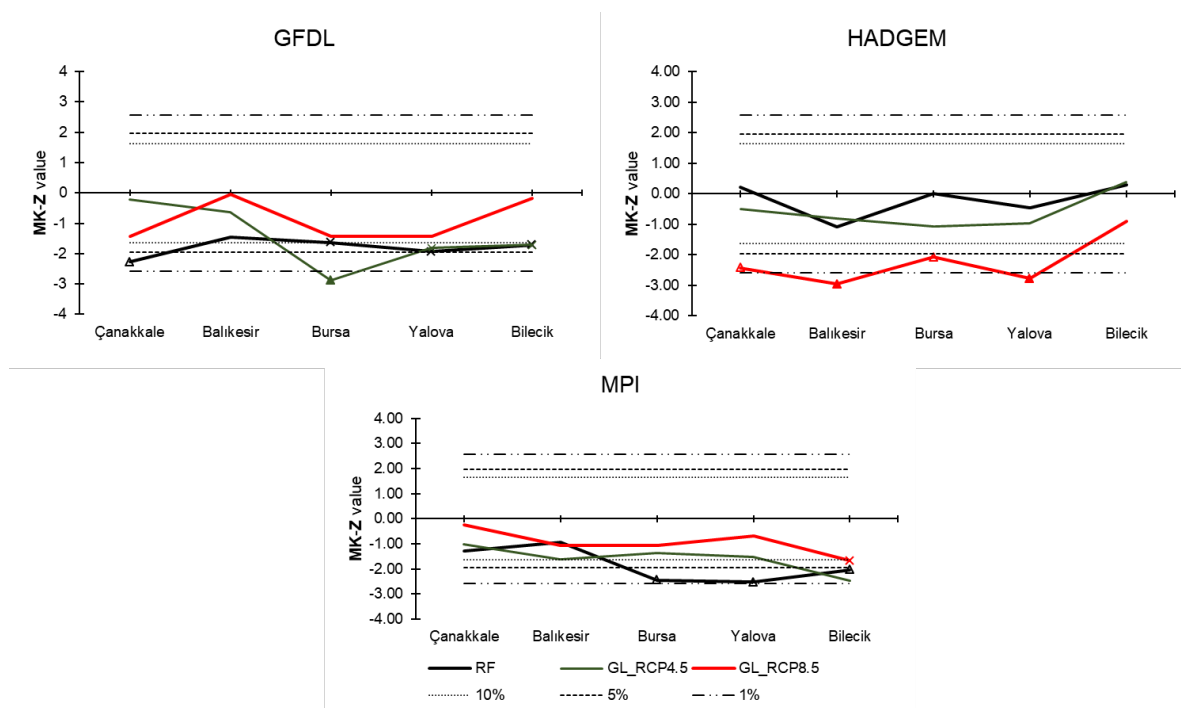


Figure 4. Mann-Kendall test results of seasonal precipitation for different models and periods

The analysis of the Sen's slope values (Q) revealed notable variations across different scenarios and provinces (Table 4). Among all scenarios, the highest Q value was recorded in Çanakkale under the HADGEM model RF scenario ($8.239 \text{ mm year}^{-1}$) for annual precipitation, while the lowest Q value was observed in Çanakkale under the GFDL model RF scenario ($-10.320 \text{ mm season}^{-1}$) for seasonal precipitation. Additionally, in the GL_RCP4.5 scenario for annual precipitation, the highest Q value across all locations was identified in Balıkesir under the GFDL model ($4.167 \text{ mm year}^{-1}$), whereas the lowest Q value was found in Çanakkale under the HADGEM model ($-8.301 \text{ mm year}^{-1}$). Lastly in the GL_RCP8.5 scenario, the highest Q value was observed in Balıkesir under the GFDL model ($1.916 \text{ mm year}^{-1}$), while the lowest Q value was recorded in Çanakkale under the HADGEM model ($-8.804 \text{ mm year}^{-1}$) for annual precipitation. The analysis suggests that the western regions of the area are more vulnerable to climate change. Particularly, areas like Balıkesir and Çanakkale, situated in the western part of the Southern Marmara region, are closer to the sea and therefore more exposed to influences from the Aegean region. This proximity to the sea may enhance the impact of precipitation-related wind patterns and other climatic factors (Harley et al., 2006). Sharma et al. (2022) stated that among various meteorological parameters, precipitation exhibits the most variability over time and location. This variability highlights the diverse climatic responses even regions such as the Southern Marmara Region with relatively small surface areas, influenced by factors such as mountainous terrain and maritime effects.

Table 4. Sen's slope test results of the precipitation values for different models and periods

Period	Model	Scenario	Çanakkale	Balıkesir	Bursa	Yalova	Bilecik
ANNUAL	GFDL	RF	-8.401*	-5.910	-6.807	-9.801	-6.056
		GL_RCP45	-1.771	4.167	-1.351	2.410	-2.923
		GL_RCP85	0.201	1.916	0.201	-1.414	0.740
	HADGEM	RF	8.239	4.881	5.362	6.988	5.309
		GL_RCP45	-8.301	0.159	-1.489	-0.92	3.448
		GL_RCP85	-8.804	-8.17	-2.076	-4.06	-0.26
	MPI	RF	-2.063	-2.523	-4.486	-7.234	-4.42
		GL_RCP45	-5.344	-0.06	-0.784	-1.194	-0.895
		GL_RCP85	-3.140	-5.445	-4.967	-3.810	-4.029
SEASONAL	GFDL	RF	-10.320	-5.636	-4.400	-7.971	-4.589
		GL_RCP45	-0.653	-2.260	-4.023	-3.586	-3.775
		GL_RCP85	-3.070	-0.085	-3.070	-4.920	-0.454
	HADGEM	RF	0.616	-1.742	-0.032	-0.976	0.580
		GL_RCP45	-1.229	-1.819	-1.829	-2.101	0.628
		GL_RCP85	-7.101	-7.193	-4.076	-7.859	-2.243
	MPI	RF	-1.600	-1.317	-3.112	-4.566	-1.890
		GL_RCP45	-2.200	-2.560	-1.581	-2.150	-1.971
		GL_RCP85	-0.438	-1.037	-0.806	-0.585	-0.801

*:Annual Q values are in mm year^{-1} , and seasonal values are in mm season^{-1}

Conclusion

Based on the extensive analysis of precipitation trends in the Southern Marmara Region of Turkey, several key findings emerge, shedding light on the implications for future climate scenarios and their impacts on various sectors, particularly agriculture and water resource management. The results indicate significant variability in projected precipitation levels across different climate models and scenarios, underscoring the complexity and uncertainty inherent in climate projections. Firstly, the analysis reveals substantial differences in annual and seasonal precipitation projections among the three climate models (*GFDL*, *HADGEM*, and *MPI*) under different Representative Concentration Pathways (*RCPs*). While the *GFDL* model generally predicts higher precipitation levels compared to the other models, particularly in the annual analysis, significant differences were determined within and across scenarios and provinces. This variability highlights the need for caution when interpreting model projections and emphasizes the importance of considering multiple models to capture the range of possible outcomes. Secondly, the study identifies contrasting trends in precipitation patterns between the historical reference period (1971-2000) and future projections (2061-2090). While some provinces exhibit consistent decreases or increases in precipitation over time, others show mixed trends, with significant intra-seasonal variability. These findings underscore the dynamic nature of precipitation patterns and the challenges associated with predicting future changes, especially in regions with complex topography and diverse climatic influences. Moreover, the results emphasize the vulnerability of coastal regions, such as the Southern Marmara Region, to the impacts of climate change, including shifts in precipitation patterns and increasing aridity. Comprehending these factors holds pivotal importance for crafting effective water management policies in the Southern Marmara Region. Foreseen alterations in future large-scale atmospheric circulation patterns could result in varied impacts on precipitation distribution throughout the region. Hence, water management strategies must consider the spatially diverse precipitation patterns and potential shifts in atmospheric circulation to guarantee the sustainability of water resources amidst climate variability and change.

Acknowledgments

This study does not require ethics committee approval. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics. The authors are gratefully acknowledged to the Turkish State Meteorological Service for sharing meteorological data used for this study. The authors were contributed jointly to the study and there was no conflict of interest between the authors.

References

Adler, R. F., Gu, G., Sapiano, M., Wang, J. J. and Huffman, G. J. 2017. Global precipitation: Means, variations and trends during the satellite era (1979–2014). *Surveys in Geophysics*, 38: 679-699.

- Agarwal, A., Babel, M. S. and Maskey, S. 2014. Analysis of future precipitation in the Koshi river basin, Nepal. *Journal of Hydrology*, 513(1): 422-434.
- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskiöglu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F. 2015. Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayını. Rapor No.: TR2015-CC.
- Bağçacı, S. Ç., Yucel, I., Duzenli, E. and Yılmaz, M. T. 2021. Intercomparison of the expected change in the temperature and the precipitation retrieved from CMIP6 and CMIP5 climate projections: A Mediterranean hot spot case, Turkey. *Atmospheric Research*, 256: 105576.
- Bağdatlı, M. C. and Can, E. 2019. Analysis of Precipitation Datas by Mann Kendall and Sperman's Rho Rank Correlation Statistical Approaches in Nevsehir Province of Turkey. *Recent Research in Science and Technology Journal*, 4(11): 24-31.
- Baltacı, H., Göktürk, O. M., Kındap, T., Ünal, A. and Karaca, M. 2015. Atmospheric circulation types in Marmara Region (NW Turkey) and their influence on precipitation. *International Journal of Climatology*, 35(8): 1810-1820.
- Berhail, S. and Katipoğlu, O. M. 2023. Spatiotemporal detection of abrupt change in trends of rainfall and dry and wet periods at different time scales: The case of the Medjerda basin in northeast Algeria. *Acta Geophysica*, 1-20.
- Carvalho, L. M. 2020. Assessing precipitation trends in the Americas with historical data: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(2): e627.
- Çiçek, İ. and Duman, N. 2015. Seasonal and annual precipitation trends in Turkey. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2): 77-84.
- Danandeh Mehr, A. and Kahya, E. 2017. Climate change impacts on catchment-scale extreme rainfall variability: case study of Rize Province, Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 22(3): 05016037.
- Demir, V. and Kisi, O. 2016. Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method (Şen trend) for monthly total precipitation (Middle Black Sea Region, Turkey). 3rd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, 19-21 May 2016, Epoka University, Tirana, Albania, 344.
- Demircan, M., Gürkan, H., Eskiöglu, O., Arabacı, H. and Coşkun, M. 2017. Climate change projections for Turkey: three models and two scenarios. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 1(1): 22-43.
- Doulabian, S., Golian, S., Toosi, A. S. and Murphy, C. 2021. Evaluating the effects of climate change on precipitation and temperature for Iran using RCP scenarios. *Journal of Water and Climate Change*, 12(1): 166-184.
- Ekwueme, B. N. and Agunwamba, J. C. 2021. Trend analysis and variability of air temperature and rainfall in regional river basins. *Civil Engineering Journal*, 7(5): 816-826.

- Fan, G., Sarabandi, A. and Yaghoobzadeh, M. 2021. Evaluating the climate change effects on temperature, precipitation and evapotranspiration in eastern Iran using CMPI5. *Water Supply*, 21(8): 4316-4327.
- Gao, C., Booij, M. J. and Xu, Y. P. 2020. Impacts of climate change on characteristics of daily-scale rainfall events based on nine selected GCMs under four CMIP5 RCP scenarios in Qu River basin, east China. *International journal of climatology*, 40(2): 887-907.
- Gemmer, M., Becker, S. and Jiang, T. 2004. Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002. *Theoretical and applied climatology*, 77: 39-45.
- Gorguner, M., Kavvas, M. L. and Ishida, K. 2019. Assessing the impacts of future climate change on the hydroclimatology of the Gediz Basin in Turkey by using dynamically downscaled CMIP5 projections. *Science of the Total Environment*, 648: 481-499.
- Guo, B., Zhang, J., Meng, X., Xu, T. and Song, Y. 2020. Long-term spatio-temporal precipitation variations in China with precipitation surface interpolated by ANUSPLIN. *Scientific reports*, 10(1): 81.
- Gürkan, H., Ekici, M., Doğan, O.H., Çalik, Y., Eskioğlu, O., Yağan, S., Bulut, H. and Özmutlu, E.M. 2024. Evaluation of temporal trends of growing degree days index formajor crops in Türkiye. *Agronomy Journal*, 1-12
- Harley, C. D., Randall Hughes, A., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J., Thornber, C. S., ... and Williams, S. L. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology letters*, 9(2): 228-241.
- Javaherian, M., Ebrahimi, H. and Aminnejad, B. 2021. Prediction of changes in climatic parameters using CanESM2 model based on Rcp scenarios (case study): Lar dam basin. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1): 445-454.
- Kendall, M. G. 1948. *Rank correlation methods*. Griffin
- Kendall, K. 1975. Thin-film peeling-the elastic term. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 8(13): 1449.
- Khoirunisa, R. 2022. Forecasted Climate Analysis from 2000 to 2100 Using RCP 4.5 and RCP 8.5 Model Scenario as A Hazard Early-Warning System in Prague City, Czech Republic. *Smart City*, 2(1): 4.
- Koç, T. 2001. *Kuzeybatı Anadolu'da iklim ve ortam: sinoptik, istatistik ve uygulama boyutlarıyla*. Cantay Kitabevi, İstanbul
- Koldemir, B. 2016. Marmara Bölgesi Liman Yeri Seçiminde Bölge Ekonomisi, Kıyı Jeolojisi ve Jeomorfolojisinin Önemi: Silivri Alanı. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 7(1): 32-45.
- Kundu, A., Dwivedi, S. and Chandra, V. 2014. Precipitation trend analysis over eastern region of India using CMIP5 based climatic models. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40: 1437-1442.
- McLaughlin, D. and Kinzelbach, W. 2015. Food security and sustainable resource management. *Water Resources Research*, 51(7): 4966-4985.

- New, M., Todd, M., Hulme, M. and Jones, P. 2001. Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 21(15): 1889-1922.
- Nigussie, T. A. and Altunkaynak, A. 2019. Impacts of climate change on the trends of extreme rainfall indices and values of maximum precipitation at Olimpiyat Station, Istanbul, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 135: 1501-1515.
- Nuri Balov, M. and Altunkaynak, A. 2019. Trend analyses of extreme precipitation indices based on downscaled outputs of global circulation models in Western Black Sea Basin, Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 43: 821-834.
- Sariş, F., Hannah, D. M. and Eastwood, W. J. 2010. Spatial variability of precipitation regimes over Turkey. *Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques*, 55(2): 234-249.
- Seddıqe, K. H., Sediqi, R., Yildiz, O., Akturk, G., Kosteckı, J. and Gortych, M. 2023. Effects of Climate Change on Streamflow in the Ayazma River Basin in the Marmara Region of Turkey. *Water*, 15(4): 763.
- Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, 63(324): 1379-1389.
- Serkendiz, H., Tatlı, H., Özcan, H., Çetin, M. and Sungur, A. 2023. Multidimensional assessment of agricultural drought vulnerability based on socioeconomic and biophysical indicators. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98: 104121.
- Sevim, D., Varol, N. ve Köseoğlu, O. 2022. Küresel İklim Değişikliğinin Zeytin Yetiştiriciliği ve Zeytinyağı Üzerine Etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36(2): 415-432.
- Sharma, A., Sharma, D. and Panda, S. K. 2022. Assessment of spatiotemporal trend of precipitation indices and meteorological drought characteristics in the Mahi River basin, India. *Journal of Hydrology*, 605: 127314.
- Sirdaş, S., Diriker, A. B. and Kumar, V. 2016. Heavy precipitation events in Marmara Region and connections with the North Atlantic and Arctic Oscillation patterns. *Environment and Natural Resources Research*, 6(1): 115-131.
- Sohoulande Djebou, D. C. and Singh, V. P. 2016. Impact of climate change on precipitation patterns: A comparative approach. *International Journal of Climatology*, 36(10): 3588-3606.
- Solomon, S. 2007. *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*, Cambridge.
- Subramanian, A., Nagarajan, A. M., Vinod, S., Chakraborty, S., Sivagami, K., Theodore, T., ... and Mangesh, V. L. 2023. Long-term impacts of climate change on coastal and transitional eco-systems in India: an overview of its current status, future projections, solutions, and policies. *RSC advances*, 13(18): 12204-12228.
- Tebaldi, C. and Knutti, R. 2007. The use of the multi-model ensemble in probabilistic climate projections. *Philosophical transactions of the royal society A: mathematical, physical and engineering sciences*, 365(1857): 2053-2075.

- Toros, H., Mokari, M. and Abbasnia, M. 2019. Regional variability of temperature extremes in the maritime climate of Turkey: A case study to develop agricultural adaptation strategies under climate change. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5: 857-865.
- Trenberth, K. E. 2011. Changes in precipitation with climate change. *Climate research*, 47(1-2): 123-138.
- TSMS. 2024. Turkish State Meteorological Service, climate data of long-term period. URL: <https://mgm.gov.tr> (access date: January 5, 2025)
- Türkeş, M., Turp, M. T., An, N., Ozturk, T. and Kurnaz, M. L. 2020. Impacts of climate change on precipitation climatology and variability in Turkey. *Water resources of Turkey*, 467-491.
- Türkeş, M. 1998. Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 18(6): 649–680.
- Türkeş, M. and Deniz, Z. A. 2011. Climatology of South Marmara Division (Northwest Anatolia) and observed variations and trends. *Journal of Human Sciences*, 8(1): 1579-1600.
- Van Belle, G. and Hughes, J. P. 1984. Nonparametric tests for trend in water quality. *Water resources research*, 20(1): 127-136.
- Verma, S., Prasad, A. D. and Verma, M. K. 2022. Trends of rainfall and temperature over Chhattisgarh during 1901–2010. *Advanced Modelling and Innovations in Water Resources Engineering: Select Proceedings of AMIWRE*. October 2021, Germany, 3-19.
- Xavier Júnior, S. F. A., Jale, J. D. S., Stosic, T., Santos, C. A. C. D. and Singh, V. P. 2020. Precipitation trends analysis by Mann-Kendall test: a case study of Paraíba, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35: 187-196.
- Yaghoobzadeh, M. 2022. Selecting the best general circulation model and historical period to determine the effects of climate change on precipitation. *Időjárás/Quarterly Journal of The Hungarian Meteorological Service*, 126(2): 247-265.
- Yetik, A. K., Arslan, B. and Şen, B. 2024. Trends and variability in precipitation across Turkey: a multimethod statistical analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 155: 473–488.
- Yilmaz, A. G. 2015. The effects of climate change on historical and future extreme rainfall in Antalya, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 60(12): 2148-2162.



Ulaşım Akalarının Yeterliliğinin Bursa Görükle Mahallesi'nde Araştırılması^A

Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN^{*1}, Özgür Ekin VARDAR²,

Elvan ENDER ALTAY³

Öz: Kentsel ulaşım alanları, en yalın haliyle; yer aldığı alan içerisinde bir yerden başka bir yere taşınma/ taşıma eyleminin gerçekleştirildiği, tüm kentlilerin erişebildiği, kullanıcılarına ortak yaşam imkânı sunan ve bu özellikleriyle kentle birlikte gelişen en önemli mekânlardan biridir. Hızlı ve kontrolsüz kentsel büyüme gösteren alanlar, gösterdiği gelişime bağlı olarak içerdiği ulaşım akslarında çeşitli olumsuzluklar barındırabilir. Bu sorunlar literatürde yer alan çalışmalar ve ulaşım konusundaki yerel standartları belirten yönetmelik/ kanunlar kapsamında ele alınmaktadır. Bu doğrultuda ulaşım alanlarına ait standartların, kentsel mekânlardan biri olan mahalle ölçeğinde değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Ulaşımında yer alan kullanıcılar (yayalar, motorlu-motorsuz araçlar vb.) kapsamında, caddelerin yeterliliklerinin araştırılarak, kentsel ulaşım kalitesiyle ilgili araştırmalara katkıda bulunulması beklenmektedir. İlgili standartların incelenmesi ve saha araştırmaları neticesinde elde edilen bulgular ile mevcut ulaşım alanlarının yeterliliğinin değerlendirilmesine fırsat sunan ölçütler oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın materyali, Bursa ili Nilüfer ilçesinde yer alan Görükle Mahallesi ve caddeleri olarak belirlenmiştir. Çalışma; literatür taraması, gözlem ile mevcut durum tespiti ve haritaların oluşturulması, gözlem ve yoğunluk analizi, gözlemler sonucu ölçütler belirlenmesi ve değerlendirilmesi olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. 20 farklı caddede kullanıcı yoğunluğunun tespiti

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

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye, zeynepbatman@uludag.edu.tr [OrcID 0000-0003-2145-2682](https://orcid.org/0000-0003-2145-2682)

² Özgür Ekin VARDAR, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, 502230016@ogr.uludag.edu.tr, [OrcID 0009-0001-6989-7229](https://orcid.org/0009-0001-6989-7229)

³ Elvan ENDER ALTAY, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye, elvanender@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5933-1611](https://orcid.org/0000-0001-5933-1611)

için gerçekleştirilen gözlemler neticesinde, yoğun olduğu tespit edilen 5 cadde 31 farklı ölçüt kapsamında değerlendirilmiştir. 1 ile 5 puan aralığında seçeneklerin bulunduğu bir puanlama sistemi ile değerlendirilen ölçütler sonucunda caddelerin donatılar, erişilebilirlik, gelişim ve fiziksel durum bağlamındaki yeterlilikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek %65.8 en düşük ise %50.9 yeterlilik puanı ile iyileştirilmesi gereken kriterler belirlenmiştir. Araştırma sonucunda belirlenen ölçütlerin ve elde edilen bulguların gelecek uygulama ve araştırmalar için bir altlık niteliği taşıması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel peyzaj, Ulaşım mekânları, Yaya mekânı standartları, Yaya erişilebilirliği, Peyzaj mimarlığı.

Investigation of the Adequacy of Transportation Axes in Bursa Görükle Neighborhood

Abstract: Urban transportation areas, in its simplest form, are one of the most important areas where the act of moving/transportation from one place to another within the area where it is located, accessible to all urbanites, offering common life opportunities to its users and developing together with the city with these features. Areas with rapid and uncontrolled urban growth may have various problems in the transportation axes depending on the development. These problems are addressed within the scope of studies in the literature and regulations/laws specifying local standards on transportation. In this direction, it is aimed to evaluate the standards of transportation areas at the neighborhood scale, which is one of the urban spaces. It is expected to contribute to research on urban transportation quality by investigating the adequacy of streets within the scope of users (pedestrians, motorized and non-motorized vehicles, etc.) involved in transportation. It is aimed to create criteria that provide an opportunity to evaluate the adequacy of existing transportation areas with the findings obtained as a result of the examination of the relevant standards and field research. In this direction, the material of the study was determined as Görükle Neighborhood and streets in Nilüfer district of Bursa province. The study was carried out in three stages; literature review, observation and current situation determination and creation of maps, observation and density analysis, determination and evaluation of criteria as a result of observations. As a result of the observations made to determine the user density on 20 different streets, 5 streets that were determined to be dense were evaluated within the scope of 31 different criteria. As a result of the criteria evaluated with a scoring system with options ranging from 1 to 5 points, the adequacy of the streets in terms of facilities, accessibility, development and physical condition were investigated. As a result of the study, the criteria that need to be improved were determined with the highest 65.8% and the lowest 50.9% adequacy score. It is aimed that the criteria determined as a result of the research and the findings obtained will serve as a basis for future applications and research.

Keywords: Urban landscape, Transportation areas, Standards of pedestrian areas, Pedestrian accessibility, Landscape architecture.

Giriş

Ulaşım faaliyeti en temel haliyle, bir ürünün ya da canlının A noktasından B noktasına belirli bir güzergâhta taşınması olarak özetlenmektedir. Taşınma kavramının ulaşımdaki temel özellik olması yadsınamaz bir gerçektir. Bununla birlikte insanın çevre mekânlarla ve birbirleriyle etkileşimini arttırması, kentsel mekânların oluşmasına katkı sağlaması, ekonomik etkinliği arttırması ve mekânlar arasındaki iletişimi sağlaması da ulaşım sistemlerinin önemini vurgulayan başlıca özelliklerdir. Kentsel alanlarda ulaşım ağlarının oluşturulması, güzergâh seçimi, trafik sirkülasyonu, ulaşımın işletilmesi, ulaşımı kullanan grupları, ulaşım taşıtları konularını ve bu konuların içerisindeki öğelerin bir arada planlanmasını içermektedir (Kılınçaslan, 2017).

Ulusal ölçekte ulaştırma sektörü, ekonomik kaynakların değerlendirilmesi, ülkeler arası bağlantının sağlanabilmesi, ürün akışlarının düzenlenmesi ile ekonomik ve sosyal girdilerinden dolayı ekonomik büyüme açısından önem arz etmektedir (Deniz, 2016). Ülkelerin birbirleri ile etkileşimine olanak veren ulaşım sistemleri, daha yerel bir ölçek olan kentlerde ise kamusal dış mekân sistemi olarak incelenmektedir. Kentlerde bu alanların niceliksel olarak büyük kısmını cadde ve sokaklar oluşturmaktadır. Kentsel donatıları barındıran, altyapı ve üstyapı elemanlarının yer aldığı, sosyal yaşamın gerçekleştirildiği mekânlardır (Hepcan ve ark., 2006). Ulaşım ağları kendi içerisinde anayollar (arterler), toplayıcı yollar ve yerel yollar olmak üzere belirli bir hiyerarşik düzendedir. Ulaşım sistemlerinin toplu taşıma araçları, bireysel araçlar ya da yaya öncelikli olarak planlanması; sosyal etkileşimler, trafik yoğunluğunu kontrol edebilmek gibi olumlu çevresel ve psikolojik parametrelere büyük etki sağlamaktadır (Çetinkaya Özkan, 2022). Ulaşım ağlarının yaya öncelikli olması; çevresel kirliliklerin azaltılması, enerji kaynaklarının gereksiz kullanımı gibi olumsuzlukların azaltılmasına yardımcı olan fiziksel bir sistemdir.

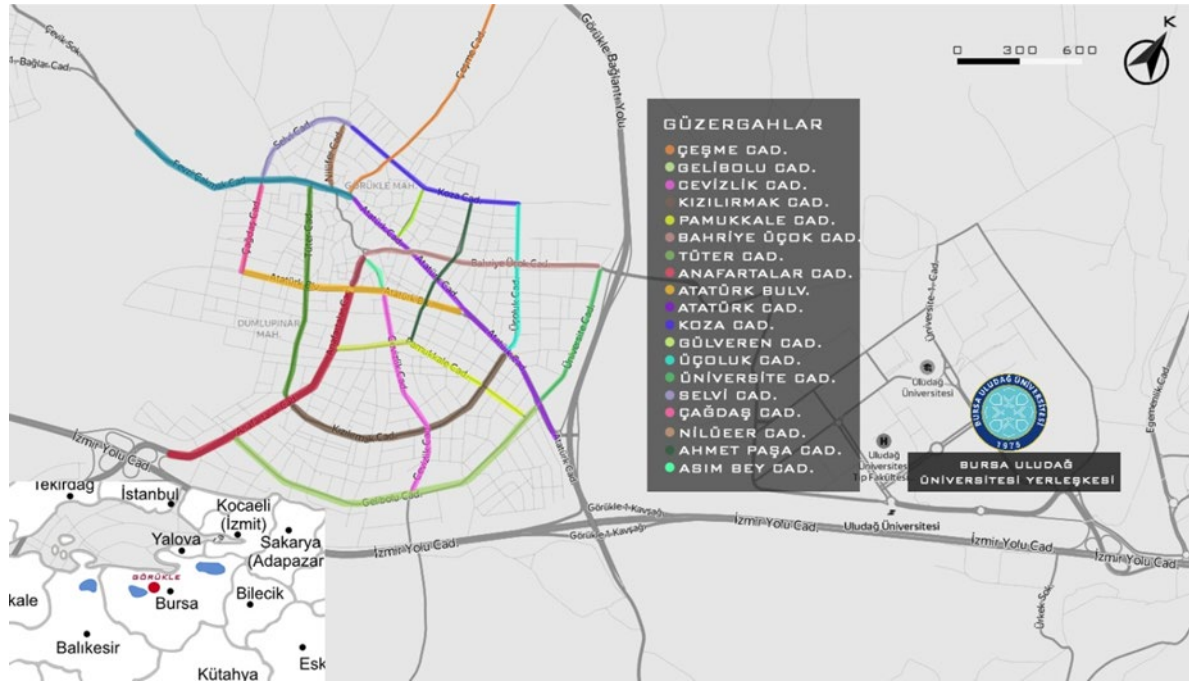
Ne yazık ki pek çok kentsel mekân içerisinde yaya erişilebilirliğinin çok yönlü düşünülmemesinden kaynaklı kullanıcı isteklerinin cevapsız kaldığı görülmüştür. Farklı kullanıcı gruplarından oluşan kentliler tarafından sürekli olarak kullanılan ulaşım akslarına yönelik beklentilerinin sorgulanması ve ihtiyaçlarının ortaya koyulması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında cadde ve sokaklarda yaya odaklı ulaşım planlarının önemi görülmektedir. İlgili planlar hazırlanırken dikkat edilmesi gereken çeşitli kriterler bulunmaktadır. Yaya güvenliğinin, konforunun ve sürekliliğinin sağlanması güzergâhların ve çevre mekânların kullanım sıklığını arttırmaktadır. Ulaşım mekânlarının tercih edilmesi, taşıt izi ve yaya kaldırımı ölçülerine, yollarda bulunan canlı/ cansız donatılarının hat üzerindeki yerleşimine, görsel/ fiziksel erişilebilirliğe, mekânsal okunabilirliğe ve malzeme kalitesi gibi unsurlara bağlıdır.

Çalışmanın amacı; ulaşım akslarının kendi içinde ve yakın çevresiyle olan ilişkilerinin, mevcut aksların fiziksel özellikleri ve kullanım yoğunlukları göz önünde bulundurularak Görükle mahallesi örneğinde yaya odaklı biçimde sorgulamak ve mevcut sorunlara çözüm önerileri getirerek, gelecek tasarımlara katkı sağlanmasıdır. Bu doğrultuda Hepcan ve ark. (2001), Hepcan ve ark. (2006), Yalçınkaya (2007), Yaman ve Surat (2014), Özdemir Işık ve ark. (2017), Özdemir Işık ve Demir (2017), Eren ve ark. (2018), Ender Altay ve Zeybek (2019), Ateş ve ark. (2021), Adıyaman ve ark. (2022)'nin yapmış olduğu çalışmalar önemli örnekler

sunmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan yaya ulaşımının kentsel alanlarda ki yeterliliği ve bu yeterliliği sağlayan kriterlerin neler olduğu ele alınmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bursa ili Nilüfer ilçesinde bulunan Görükle Mahallesi, kendi içerisinde ve çevresinde barındırdığı farklı tipoloji ve karakterdeki mekânlara sahiptir. Bunun yanında Bursa ili batı sınırına yakın sayılabilecek bir konumda yer alan Bursa Uludağ Üniversitesinin (BUÜ) çeperinde bulunması ile gelişmekte olan ve fırsatlar sunan bir bölgedir. Bu nedenle yaya kullanımının yoğun olduğu bir yerleşimdir. Bu durumla birlikte, üniversitenin ihtiyaçları ve yarattığı fırsatların da eklenmesiyle Görükle kısa sürede büyüme göstermiştir. Bu fiziksel büyüme beraberinde getirdiği ekonomik, sosyal ve kültürel değişimle birlikte diğer gelişimlere altyapı oluşturmuştur (Aydın, 2019). Günümüz modern ulaşım sistemlerinde, üst ölçekte kent içi ve kent dışı yollar olarak farklı trafik kurguları içeren, yolculuk amacı ve süresinin gösterdiği farklılıklar dikkate alınarak oluşturulan ulaşım aksları bulunmaktadır. Bir alt ölçek olan kent içindeki yollar ise farklı arazi kullanım türlerine hizmet eden, kentin farklı yoğunluk bölgelerini birbirine bağlayan yollar olarak değişkenlik göstermektedir (Tatlı ve Erkan, 2021). Bu bağlamda gerçekleştirilen çalışmanın ana materyali, mahalle içerisinde yoğun kullanıldığı tespit edilen ulaşım aksları olan; *Anafartalar Caddesi*, *Atatürk Caddesi*, *Pamukkale Caddesi*, *Üniversite Caddesi* ve *Atatürk Bulvarı'nı* kapsamaktadır. Araştırma kapsamında gözlemlenen *Çeşme Caddesi*, *Gelibolu Caddesi*, *Cevizlik Caddesi*, *Kızılırmak Caddesi*, *Bahriye Üçok Caddesi*, *Tüter Caddesi*, *Koza Caddesi*, *Gülveren Caddesi*, *Üçoluk Caddesi*, *Selvi Caddesi*, *Çağdaş Caddesi*, *Nilüfer Caddesi*, *Ahmet Paşa Caddesi*, *Asım Bey Caddesi* ve *Muammer Aksoy Cadde'leri* (Şekil 1) çalışmanın ana materyalidir. Araştırmada kullanılan araç/ gereçler; çalışma sınırları içerisinde yer alan bölgeye yönelik analiz ve değerlendirmeye esas teşkil eden doğal kültürel peyzaj karakteristiklerini belirlemede yararlanılan kaynaklar; araştırma alanında yol özelliklerinin belirlenmesi ve bir alt taban oluşturmak amacı ile yararlanılan Google Earth uydu görüntüleri ve arazi gözlemlerinde alınan notlar da çalışmanın yardımcı materyalini oluşturmaktadır. Caddelerin proje alanı içindeki konumları ise Şekil 1'de gösterilmektedir. Caddelerin değerlendirilmesinde; yaya erişilebilirlikleri açısından benzerlik göstermeleri, kullanım yoğunlukları ve yol karakterleri göz önünde bulundurulmuş, kentsel alanlarda yapılacak benzer çalışmalara altlık olabilecek mekânsal standartlar tercih edilmiştir.



Şekil 1. Güzergâhların Görükle mahallesi içerisindeki konumları (Orijinal)

Çalışmanın yöntemi, cadde yapıları ve standartları ile ilgili literatür taraması sonucunda doğrudan gözlem yöntemi ile mevcut güzergahların analizinin yapılması, caddelerin gözlemlenmesi sonucu yoğunluk haritalarının oluşturulması ve bu alanlarda değerlendirilecek tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve elde edilen çıktılar sonucunda caddelerin karşılaştırılarak ölçütler bazında değerlendirilmesi ile sonuçların ortaya konması olacak şekilde üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar;

- I. Aşama –Literatür taraması, gözlem ile mevcut durum tespiti ve haritaların oluşturulması
- II. Aşama – Gözlem ve yoğunluk analizi
- III. Aşama – Gözlemler sonucu ölçütler belirlenmesi ve değerlendirilmesi şeklindedir.

I. Aşama –Literatür Taraması, Gözlem ile Mevcut Durum Tespiti ve Haritaların Oluşturulması

Yöntemin belirlenmesi adına konuyla ilgili yapılan literatür araştırması sonucunda, Hepcan ve ark. (2006); Eren ve ark (2018); Ateş ve ark. (2021); Adıyaman ve ark. (2022) gerçekleştirdikleri çalışmalardan yararlanılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında seçilen caddelerin barındırdığı yol kademelenmeleri Kılınçaslan (2017) tarafından ortaya konan ölçütler ile tanımlanmıştır. Bu ölçütler “ana arter, ikincil yol ve toplayıcı yol”dur. Yol kademelerinin yanı sıra yol karakterleri (yaya kaldırımı, bisiklet yolu, araç parkı ve yaya geçidi varlıkları), güzergâhların yaklaşık uzunlukları tespit edilmiştir. Her bir kentsel mekân, gözlem ve değerlendirmelerin hassasiyeti açısından 1984 yılından itibaren çekilmiş olan Google Earth görüntüleri ve Aydın (2019)’ın çalışmasında yer alan 2004-2018 yılları arası Görükle aksiyel haritaları karşılaştırılarak incelenmiştir.

II. Aşama – Gözlem ve Yoğunluk Analizi

Çalışmanın bu aşamasında öncelikle 3 farklı ölçüt ele alınarak ana materyal içerisinde değerlendirilmeye alınan caddeler belirlenmiştir. Bu ölçütler çalışma alanının fiziki durumu (aksın uzunluğu, yol karakterinin çeşitliliği ve erişilebilirliği, yol kademelenmesinin niteliği), saha gözlemleri sonucunda elde edilen veriler (sirkülasyon / yoğunluk durumu) ve mahallenin farklı mekanlarına erişimi sağlayan güzergahlar olmalarıdır. Çalışmada, ulaşım karakteri belirlenirken Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen standartlar ve Özlü & Dedeoğlu Özkan (2021)'in konu hakkındaki çalışması göz önünde bulundurulmuştur. Oluşturulan en kesitine Şekil 2'de, planlama pratiğini biçimlendiren yasal düzenlemeler ve konuyla ilgili kaynaklardan elde edilen verilere ise Çizelge 1'de yer verilmiştir.



Şekil 2. Taşıt ve yaya ulaşım yolu en kesiti gösterimi (Orijinal)

Çizelge 1. Cadde ölçeğinde yaya yolu standartları (Chiara ve Coppelman, 1975; Kılınçaslan, 2017 çalışmalarından yararlanılmıştır.)

Yol Türü	Yol Mülkiyet Genişliği (cm)	Bir Yönde Şerit Sayısı	En Fazla Eğim (%)	En Az Araç Parkı Genişliği (cm)	En Az Bisiklet Yolu Genişliği (cm)	En Az Kaldırım Genişliği (cm)	En Az Yaya Emniyet Şeridi Genişliği (cm)	En Az Kaldırım Net Yürüme Alanı Genişliği (cm)
Ana Yol (Cadde)	≤ 50	≤ 3	6	240*600	130	350	100	200
İkincil Yol	≤ 30	≤ 2	6	240*600	130	275	50	200
Toplayıcı Yol	≤ 20	1	8	240*600	130	250	50	150

Çalışmada kullanıcı yoğunluklarının değerlendirilebilmesi ve caddelere ilişkin verilerin toplanabilmesi adına alanlarda gözlem yapılarak veri elde edilmesi gerekmektedir. Mekân kullanım yoğunluklarının saptanması ile caddelerin yeterlilikleri üzerine çıkarımda bulunmanın kolaylaşacağı öngörülmektedir. Bu nedenle yaya kullanım düzeyinin belirlenmesi için Eren ve ark. (2018); Yaman ve Surat (2014) tarafından kullanılan gözlem tekniğinden yararlanılmaktadır. Buna istinaden arazi gözlemleri iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada çalışmada yer alan caddelerdeki kullanıcı sayısının tespit edilmesi adına ilgili caddelerde gözlemler gerçekleştirilmiştir. Bu gözlemler, kullanıcı sayısı değişimini asgari farkla tespit edilebilmesi için hafta içi 15.00, 15.15, 15.30 ve 16.00 da gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerin ikinci aşamasında kullanıcı sayılarından yola çıkılarak 5 farklı güzergâh seçilmiş ve bu alanlardaki kullanım yoğunlukları gözlemlenmiştir. Yeni gözlemler, farklı kullanıcı gruplarının davranışlarını tespit edebilmek adına farklı gün ve saatlerde gerçekleştirilmiştir.

Kullanımdaki ortalama yoğunluk artışında sapma yaşanmaması için işe gidiş ve dönüş saatleri çalışmaya dahil edilmemiştir. Gözlemler; Hafta içi ve hafta sonu olmak üzere farklı günlerde gerçekleştirilmiştir. Belirlenen günlerde saat 10.30, 11.00, 15.00, 15.30 ve 16.00 da gözlemler yapılmıştır. Yaya ve taşıt sirkülasyonları izlenmiş, elde edilen veriler doğrultusunda yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. İkinci aşama gözlemlerinin tamamlanması sonucunda oluşturulan haritalar ışığında, çalışma alanının fiziki durumunun (aksın uzunluğu, yol karakterinin çeşitliliği ve erişilebilirliği, yol kademelenmesinin niteliği), saha gözlemleri sonucunda elde edilen verilerin (sirkülasyon / yoğunluk durumu) ve mahallenin farklı mekanlarına erişimin sağlanması başlıkları değerlendirmiş ve bu başlıkları karşılayan 5 caddenin yeterlilikleri araştırılmıştır.

III. Aşama – Gözlemler Sonucu Ölçütler Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Bu aşamada, gözlem aşamasında elde edilen veriler ve literatür taraması sonucu yapılan çıkarımlar ışığında mekanların yeterlilik seviyelerini ortaya koyacak ölçütler ve değişkenler belirlenmiştir. Yayaların ulaşımında yaşadığı problemleri ve aksların yeterliliklerinin daha iyi tespit edilebilmesi amacıyla, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 1997 yılında, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın ise 2021 ve 2023 yıllarında yaya ve araç yollarında bulunması gereken standartları yayınladığı yönetmelikler çalışmaya dahil edilmiştir. Ölçütlerin ve değişkenlerin belirlenmesinde, ulaşım akslarındaki standartların belirlenmesi üzerine yayımlanan raporların haricinde, ulusal ve uluslararası literatürde yer alan Ersoy (1994), Harris ve Dines (1998), Hepcan ve ark. (2001), Soutworth (2005), Altunkasa ve Gültekin (2008), Ender (2011), Erdönmez ve Çelik (2016), Vural ve ark. (2018), Ender Altay ve Pirselimoğlu Batman (2019), Ateş ve ark. (2021), Özkan ve Zencirkıran (2021), Özkan ve Seyidoğlu Akdeniz (2021), Adıyaman ve ark. (2022), Anonim (2023)'in yaptıkları çalışmalardan da yararlanılmıştır. Belirlenen ölçütler '*Ulaşım alanlarında donatılar, Ulaşım alanlarında erişilebilirlik, Mevcut fiziksel durum ve gelişim*' olmak üzere dört ana başlık altında toplanan 31 farklı maddeden oluşmaktadır. Oluşturulan değerlendirme ölçütleri ve değerlendirmede dikkat edilen özellikler çizelge haline getirilmiş ve araştırmacılar tarafından yoğunluk analizi yapılan caddeler üzerinde değerlendirilerek anket sonucunda bölgenin standartlara uygunluk düzeyi ortaya konarak yeterlilikleri saptanmıştır. Bu değerlendirmede Hepcan ve ark. (2006); Altunkasa ve Gültekin (2008); Kılınçaslan (2017); Tatlı ve Erkan (2021) çalışmaları başta olmak üzere ilgili araştırmalardan yola çıkılarak değişkenlerin yok olma durumuna göre 1 (düşük), var/yeterli olma durumuna göre ise 5 (en yüksek) olacak şekilde bir puan aralığı belirlenmiştir. Burada 1 puan olumsuzluk grubunun

etkisinin en az olduğunu, 2 puan az etki değerini, 3 puan ortalama etki değerini, 4 puan yüksek etki değerini, 5 puan ise en yüksek etki değerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu değerlendirmeye göre standartlara göre caddeler Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1) şeklinde değerlendirilmiştir.

Bulgular

Çalışma alanındaki sosyal, kültürel ve ekonomik değişimle birlikte trafik sirkülasyonunun artmakta olduğu ve buna bağlı olarak yaya ulaşımı başta olmak üzere ulaşım konusunda çeşitli problemlerin olduğu gözlenmektedir. Görükle’de yer alan caddelerin fiziksel durumu incelendiğinde yapısal özelliklerinde farklılıklar bulunan yolların, mevcut arazi koşulları nedeniyle %24 eğim seviyelerine kadar ulaşan rampaları ile yaya sirkülasyonunu aksattığı, canlı/ cansız donatıların yanlış konumlandırılması (yetersizliği), kaldırımsız ya da uygun standartları karşılayamayan kaldırımlar bulunması, bisiklet ağı, gibi alternatiflerin eksiklikleri gibi, yaya erişilebilirliğinin ve konforunun sekteye uğradığı tespit edilmiştir.

I. Aşama’ya Ait Bulgular

Çalışmanın ilk adımında araştırma alanının mevcut fiziki durumu ve niteliğinin tespit edilebilmesi amacıyla caddelerin uzunlukları, yol karakterleri (kaldırım, bisiklet yolu, araç parkı ve yaya geçidi varlığı) ve yol kademeleri tespit edilerek tabloya işlenmiş, cadde konumlarını gösteren harita oluşturulmuştur. Elde edilen veriler ışığında görünen o ki, ulaşım ağlarının yayalar için vazgeçilmezi olan kaldırımlar güzergahlarda yer yer bölünerek kullanılmıştır. Bu durum sirkülasyonun engellenmesine ve yaya konforunun niteliklerini kaybetmesine neden olmaktadır. Benzer bir durum bisiklet yolları için de söz konusudur. Saha ve Google Earth verileri göstermektedir ki toplamda 17.625m yaklaşık uzunluğa sahip caddelerin yalnızca 8.015m’sinde %45.47’sinde bisiklet yolu kapsamında ayrılmış alanlar bulunmakta ancak bu alanların niteliği de (uygun standartlara sahip olup olmaması gibi) sorgulanmaktadır. Nilüfer Belediyesi tarafından ulaşım planlama ve tasarım kararları uygulanan Görükle Mahallesi’nde yapılan ön inceleme sonucunda 20 farklı ulaşım aksının fiziki durumu incelenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışma Alanları Fiziki Durumu (Hepcan ve ark. (2006); Altunkasa ve Gültekin (2008); Kılınçaslan (2017); Tatlı ve Erkan (2021))

Kod	Çalışma Alanı	Yaklaşık Uzunluk (m)	Yol Karakteri				Yol Kademelenmesi
			Kaldırım	Bisiklet Yolu	Araç Parkı	Yaya Geçidi	
C1	Çeşme Caddesi	1900	450 m boyunca	300 m	×	×	İkincil yol
C2	Gelibolu Caddesi	1700	×	×	×	✓	Ana arter, iki yönlü
C3	Cevizlik Caddesi	1300	1000 m boyunca	1000 m boyunca	✓	×	İkincil yol
C4	Kızılırmak Caddesi	1200	1200 m boyunca	725 m boyunca	✓	✓	İkincil yol
C5	Pamukkale Caddesi	1000	1000 m boyunca	250 m boyunca	✓	✓	Toplayıcı, iki yönlü
C6	Bahriye Üçok Cad.	1000	725 m boyunca	725 m boyunca	✓	✓	Ana arter, iki yönlü
C7	Tüter Caddesi	1000	650 m boyunca	540 m boyunca	✓	✓	Toplayıcı, iki yönlü
C8	Anafartalar Caddesi	1000	1000 m boyunca	×	✓	✓	Ana arter, orta refüjlü
C9	Atatürk Bulvarı	1000	1000 m boyunca	×	✓	✓	Ana arter, orta refüjlü
C10	Atatürk Caddesi*	1500	875 m boyunca	875 m boyunca	✓	✓	Ana arter, orta refüjlü
C11	Koza Caddesi	900	900 m boyunca	900 m boyunca	✓	✓	İkincil yol
C12	Gülveren Caddesi	750	650 m boyunca	350 m boyunca	✓	✓	Toplayıcı, iki yönlü
C13	Üçoluk Caddesi	700	700 m boyunca	700 m boyunca	✓	×	İkincil yol
C14	Üniversite Caddesi	700	700 m boyunca	700 m boyunca	✓	✓	Toplayıcı, iki yönlü
C15	Selvi Caddesi	550	550 m boyunca	500 m boyunca	✓	×	Toplayıcı, iki yönlü
C16	Çağdaş Caddesi	450	450 m boyunca	450 m boyunca	✓	✓	İkincil yol
C17	Nilüfer Caddesi	350	300 m boyunca	×	×	×	Toplayıcı, iki yönlü
C18	Ahmetpaşa Caddesi**	300	275 m boyunca	×	×	×	Toplayıcı, iki yönlü
C19	Asımbey Caddesi	175	150 m boyunca	×	×	×	Toplayıcı, iki yönlü
C20	Muammer Aksoy Caddesi	150	100 m boyunca	×	×	×	Toplayıcı, iki yönlü

*Güzergahın 800m'lik bölümü iki yönlü karayolu niteliğindedir.

** Güzergahın 400m'lik bölümü tali yol niteliğindedir.

II. Aşama'ya Ait Bulgular

Yapılan alan çalışmaları sonucunda ulaşım aksları standartlarının araştırılması kapsamında değerlendirilmesi gereken 3 farklı ölçüt ele alınarak ana materyal içerisinde değerlendirilmeye alınan caddelerin belirlenmesine karar verilmiştir. Bunlar; çalışma alanının fiziki durumu (aksın uzunluğu, yol karakterinin çeşitliliği ve erişilebilirliği, yol kademelenmesinin niteliği), saha gözlemleri sonucunda elde edilen veriler (sirkülasyon / yoğunluk durumu) ve mahallenin farklı mekanlarına erişimi sağlayan güzergahlar olmalarıdır. Bu ölçütlerin değerlendirilmesi ile çalışmanın ana materyali 5 farklı cadde olarak ele alınmakta ve ilerleyen aşamalar bu caddeler hakkında yapılan araştırma ve gözlemler ile devam etmektedir. Bu ölçütler ışığında seçilen caddeler *Pamukkale Caddesi, Anafartalar Caddesi, Üniversite Caddesi, Atatürk Caddesi ve Atatürk Bulvarı*'dir.

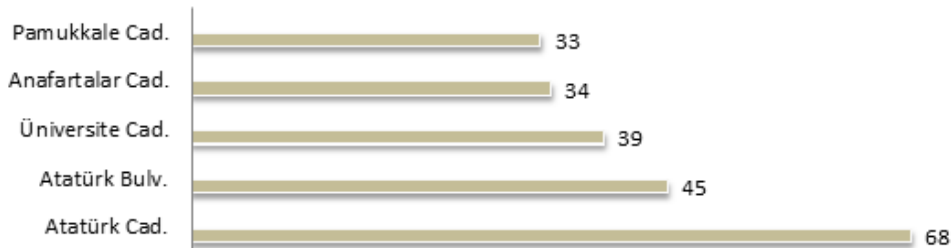
Gözlemlerin ilk aşaması alanda yapılan sörvey çalışması ile başlamış ve 10 gün içerisinde tamamlanmıştır. Yöntem kısmında belirtildiği üzere II. Aşamada, caddelerin harita üzerinde daha önceden tespit edilen

noktalarında, belli saat aralıklarında sahada uygulanan gözlem tekniği sonucunda elde edilen veriler dikkate alınmaktadır. Öncelikli olarak tüm güzergâhlarda gözlemler gerçekleştirilmiş, bu gözlemler ile belirtilen iki saat dilimi arasında sayımlar yapılmış ve bunun sonucunda caddelerdeki kullanıcı ortalamaları tespit edilmiştir. Ortalama kullanıcı sayıları ile I. Aşamada yer alan ölçütleri değerlendirilmiş ve bu sayede yoğun sirkülasyona sahip, aynı anda diğer ölçütleri de karşılayan akslarda ikinci gözlemler gerçekleştirilmiştir. İki aşamalı gözlem sonuçları göstermektedir ki seçilen 5 cadde dışındaki aksların kullanıcı sayıları birbirine oldukça yakındır. Kullanıcı sayılarının yakın olması ve cadde karakterlerinin benzerliği göz önünde bulundurularak II. Aşamada yer alan kriterleri sağladığı tespit edilen caddeler değerlendirilmiştir. İlk gözlemler sonucunda Atatürk Caddesinin 68 kullanıcı ile en yoğun kullanıma sahip olduğu, Asım Bey Caddesinin ise 4 kullanıcı ile en düşük yoğunluklu cadde olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanında bulunan 20 caddenin en yoğun kullanım ile araştırma materyalini oluşturan caddeleri ise sırası ile; *Atatürk Caddesi*, *Atatürk Bulvarı*, *Üniversite Caddesi*, *Anafartalar Caddesi* ve *Pamukkale Caddesidir*.

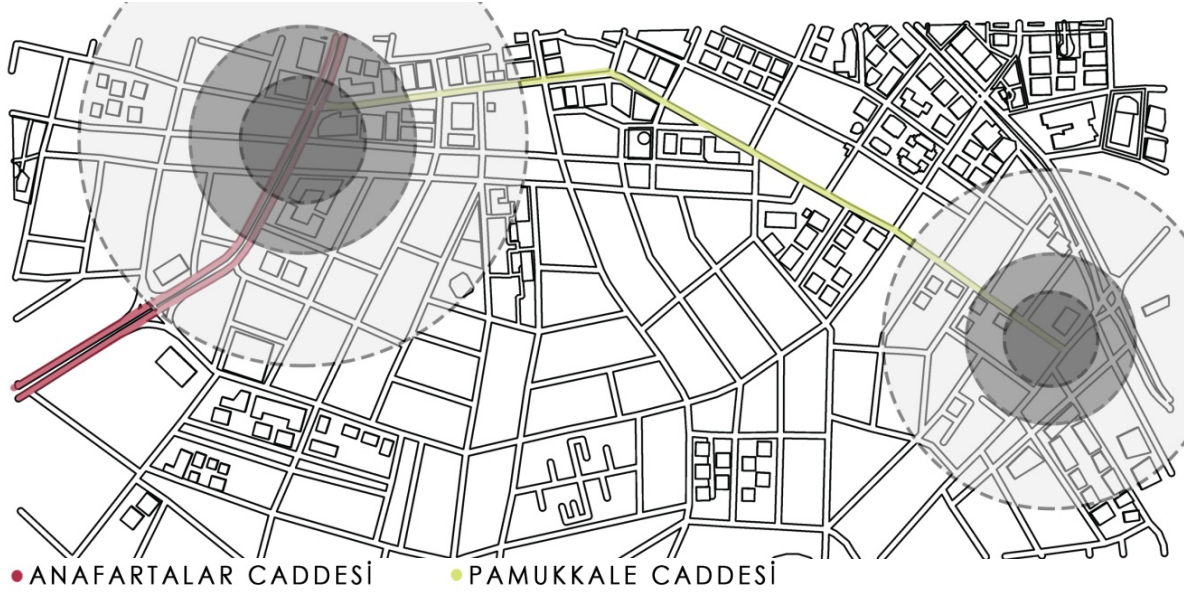
Gözlemler neticesinde yaya ve taşıtların yoğunluklu olduğu caddeler belirlenmiştir. Toplanan veriler, saha çalışması sonrasında Google Earth görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen haritaların, alanların mevcut fiziksel durumları ile karşılaştırılabilmesi adına caddelerin en kesitleri de çalışmaya eklenmiştir. Bu sayede yoğun caddelerin fiziksel durumları gözlenebilmiştir. Ortalama kullanıcı sayısı hakkında bilgi sahibi olabilmek adına farklı gün, benzer saatte yapılan gözlemler grafik olarak çalışmaya eklenmiştir (Şekil 3). Yoğun kullanıma caddelerin mevcut durumlarının anlaşılabilmesi ve yöntem kısmında temel olarak gösterilen en kesiti ile karşılaştırılabilmesi adına her bir caddenin en kesiti Şekil 5'te yer almaktadır. İkinci aşama gözlemleri sonucunda fazla kullanıcı tarafından tercih edildiği tespit edilen caddelerde gözlemler yapılarak bu alanların yoğun olduğu belirlenen kısımları oluşturulan altlıklar üzerine işaretlenmiştir (Şekil 4 ve Şekil 5) . Ek olarak, caddelerin Şekil 2'de yer alan en kesitine uygunlukların belirlenebilmesi için yoğunluk analizi sonucunda belirlenen caddelerin en kesitleri Şekil 6'da yer almaktadır.

Yoğunluk haritaları ve arazinin mevcut durumunun incelenmesi doğrultusunda;

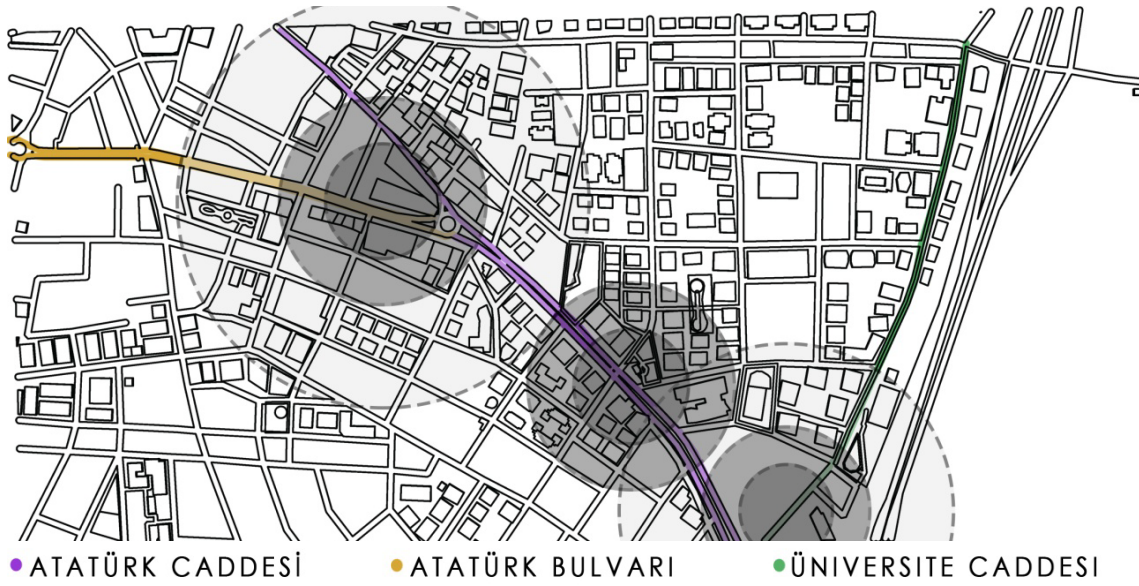
- Kullanıcıların genel olarak yol birleşimlerinde yoğun olarak bulunduğu,
- İlgili tüm caddelerde kaldırımın bulunduğu ve niteliği bakımından erişilebilir olduğu,
- Yaya geçidi varlığının kullanım yoğunluğu ile doğru orantıda olduğu,
- Araç ile ulaşımın tercih sebebi olması nedeniyle cep parkların varlığının yoğunluğu arttırdığı çıkarımlarında bulunulabilir.



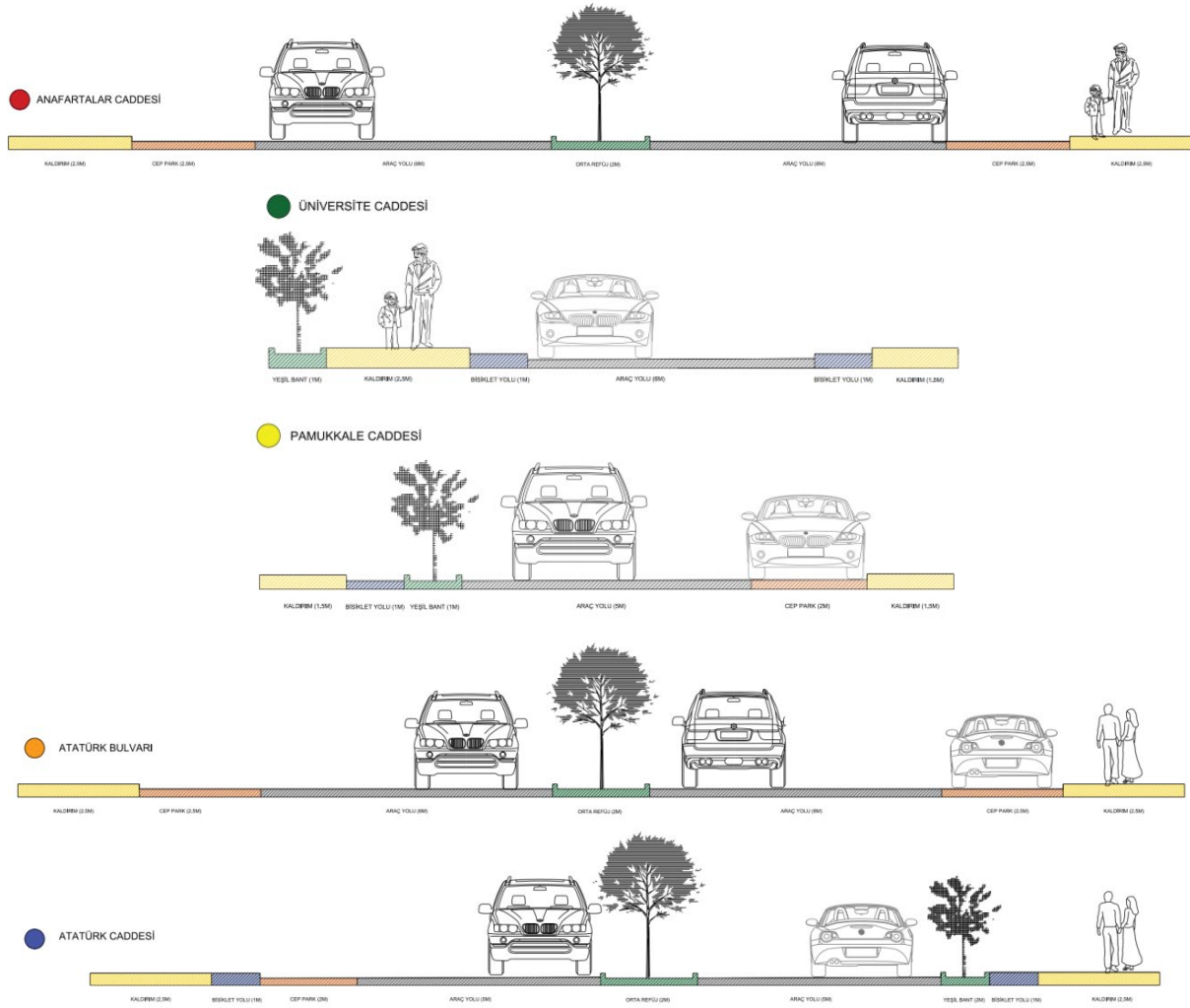
Şekil 3. Kişi sayısı ve yoğunluğun en fazla olduğu ulaşım mekânları



Şekil 4. Anafartalar ve Pamukkale Caddesi yaya kullanımının yoğun olduğu bölgeler (Orijinal)



Şekil 5. Atatürk, Üniversite Caddesi ve Atatürk Bulvarı yaya kullanımının yoğun olduğu bölgeler (Orijinal)



Şekil 6. Çalışmada yer alan caddelerin mevcut durumlarını gösteren en kesitleri. (Orijinal)

III. Aşama'ya Ait Bulgular

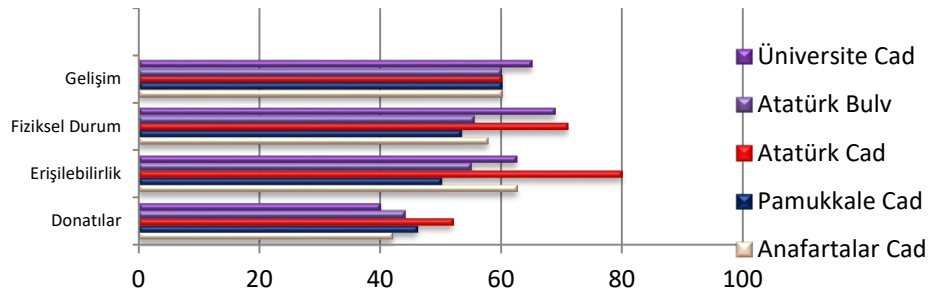
Yöntem kısmında ele alınan, caddelerde olması gereken standartlardan yararlanılarak Görükle içerisinde yer alan ulaşım akslarının mevcut kullanım durumu tespit edilmiş ve irdelenmiştir. Standartlara uygun olarak, seçilen cadde ve sokakların ulaşım bağlamında ihtiyaç ve eksiklerinin tespiti yapılmıştır. III. Aşamaya kadar toplanan bulgular ve yöntem kısmında belirtilen kaynaklardan elde edilen veriler neticesinde Standartlara göre uygunluk tablosu (Çizelge 4)'de oluşturulmuştur. Tabloda yer alan ana ve alt başlıkların belirlenmesi aşamasında incelenen, raporlar, ulaşım birimlerinin standartları ile ilgili yönetmelik ve kanunlar ile literatürde yer alan kaynaklar doğrultusunda derlenen ölçütlerin nesnel yargılarla kontrol edilebilir olması ana hedefdir. Yöntemde belirtildiği üzere; puanlama 1-5 arasında kısıtlanmış ve bu puanların ortalaması ile ağırlık puanları belirlenmiştir. Her bir başlık için puanlar, yüzdelik olarak ilgili başlığa ait satırların sonunda yer almaktadır. Ağırlık puanlarının genel toplamı ise tablonun sonunda bulunmaktadır.

Çizelge 4. Standartlara Göre Uygunluk Tablosu (Ersoy (1994); Anonim (1997); Harris ve Dines (1998); Hepcan ve ark. (2001); Soutworth (2005); Gültekin ve Altunkasa (2008); Ender (2011); Erdönmez ve Çelik (2016); Vural ve ark. (2018); Ender Altay ve Pirselimoğlu Batman (2019); Ateş ve ark. (2021); Özkan ve Zencirkıran (2021); Özkan ve Seyidoğlu Akdeniz(2021); Adıyaman ve ark. (2022); Anonim (2023))

	Değişkenler	Puanlar					
		Anafartalar Cad.	Pamukkale Cad.	Atatürk Cad.	Atatürk Bulv.	Üniversite Cad.	
Ulaşım alanlarında donatılar	Oturma Birimleri Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	1	1	1	1	1	
	Zemin Kaplamaları (Güvenlik, Estetik, Bakım) Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	3	3	3	3	3	
	Aydınlatma Elemanları Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	4	4	4	4	3	
	Sınır Elemanları Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	3	3	4	3	3	
	Örtü Birimleri Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	1	1	1	1	1	
	Çöp Kutuları, Çiçeklikler vb. Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	2	2	3	2	2	
	Bitkisel Materyal Varlığı Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	2	3	4	3	2	
	Bitkisel Materyalin Doğru Kullanımı (Sinyalizasyon, Kompozisyon, Gölgeleme, Taşıt – Yaya yolu ayırma) Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	2	3	2	2	2	
	Üst / Alt Geçit Varlığı ve Uygunluğu Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	1	1	1	1	1	
	Dış Mekân’da Hissedilebilir Yüzeyler (Sesli Trafik Işıkları, Dokulu Zemin Döşemeleri) Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	2	2	3	2	2	
	TOPLAM:		21 (%42)	23 (%46)	26 (%52)	22 (%44)	20 (%40)
	Ulaşım alanlarında erişilebilirlik	Yönlendirme İşaretleri Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	4	3	4	3	2
Toplu Taşıma Durakları Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)		2	2	4	2	2	
Yaya Geçidi Varlığı Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)		3	2	4	3	2	
Sokak – Cadde Bağlantılarının Erişilebilir Kullanımı Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)		4	3	4	3	3	
Araç Yoğunluğu Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)		4	3	5	3	4	
Yaya Yoğunluğu Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)		3	3	5	4	4	
Kentsel Fonksiyonlara Erişilebilirlik (Açık Alanlar, Yeşil Alanlar, Çocuk Oyun Alanları vb.) Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)		2	2	3	2	4	

Çizelge 4. (devamı)

	Fiziksel Engelli Ulaşımına Uygun Yol Eğimi ve Rampalar	3	2	3	2	4
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)					
	TOPLAM:	25 (%62,5)	20 (%50)	32 (%80)	22 (%55)	25 (%62,5)
Mevcut Fiziksel Durum	Kaldırım Genişlikleri					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	4	4	3	3	4
	Toplu Taşıma Araçları ile Ulaşım Kolaylığı					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	2	2	4	3	3
	Bisiklet Yolu Varlığı					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	1	2	4	1	4
	Engelli Ulaşılabilirlik Düzeyi					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	3	3	4	3	4
	Fiziksel Engelli Ulaşımına uygun yol genişlikleri					
	TSE 12576 standartlarına göre yaya yolu genişliği 1,5m (Ender, 2011)					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	4	4	4	4	4
Emniyet Şeridi Varlığı (Bitkisel/Yapısal)						
Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	1	1	3	2	3	
En Az Kaldırım Yürüme Genişliğine Uygunluk						
Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yok (2) Hiç Yok (1)	4	3	3	3	3	
Mimari ve Doğal Unsurların Birbirleriyle Uyumları						
Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	3	2	3	3	3	
İklim Koşullarına Uygunluk (Drenaj, Don, Rüzgâr)						
Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	4	3	4	3	3	
TOPLAM:		26 (%57,7)	24 (%53,3)	32 (%71)	25 (%55,5)	31 (%68,8)
Gelişim	Yaya İhtiyacına Uygun Gelişim					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	2	3	3	2	4
	Araç İhtiyacına Uygun Gelişim					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	4	3	3	4	3
	Çevresine Uyumlu Gelişim					
	Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	3	3	3	3	3
Modern Yol Standartlarına Uygunluk						
Kesinlikle Yeterli (5) Yeterli (4) Kısmen (3) Yetersiz (2) Yok (1)	3	3	3	3	3	
TOPLAM:		12 (%60)	12 (%60)	12 (%60)	12 (%60)	13 (%65)
GENEL TOPLAM:		%54,9	%50,9	%65,8	%52,25	%57,4



Şekil 7. Araştırma mekânları bütünü % yeterlilik değerlendirme grafiği

Değerlendirme sonucu caddelerin ulaşım bakımından yeterliliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına Şekil 7’de yer verilmiştir. Yapılan çalışma göstermektedir ki; Görükle Mahallesi, kullanım yoğunluğu gözetmeksizin tüm ulaşım alanlarında birbirine yakın bir tasarım ve planlamaya sahiptir. Bu durum standartlar arasında yalnızca

%14.9'luk bir farka yol açmıştır. Ulaşım ile ilişkili alanların eksik olduğu gözlenen en önemli nokta donatılardır. Caddelerin hiçbirinde örtü birimi bulunmaması ve oturma birimlerinin yok denecek kadar az sayıda tespit edilmesi yayalar açısından konforu düşüren özellikler olarak göze çarpmaktadır. Yapılan gözlemler neticesinde yayalar tarafından en yoğun kullanıma sahip olan Atatürk Caddesi, ulaşım alanlarında bulunması öngörülen standartlara göre en yüksek puanı almıştır. Çalışma alanından toplanan veriler göstermektedir ki mevcut fiziksel durum ve erişilebilirlik özellikleri güzergâhların olumlu tarafları olarak karşımıza çıkmaktadır. III. Aşama neticesinde sağlanan bulgular ile standartlara uygun ulaşım aksları oluşturulmasının kullanım yoğunluğu ile doğru orantılı olarak arttığı çıkarımında bulunulmaktadır.

Tartışma ve Sonuç

Ulaşım alanlarının niteliği gün geçtikçe değişmekte ve sayısı her geçen gün artmaktadır. Kentsel alanlarda kullanıcı sayısının artışı, günlük ihtiyaçların değişimi yaya alanlarının tasarımını etkilemektedir. Ulaşım akslarının yapılı ve doğal çevresiyle ilişkisi, boş zamanları değerlendirme niteliği, araç trafiği ile ilişkisi, toplumsal ve ekonomik amaçlara hizmeti gibi unsurlar içermesi bu alanların yeterliliğini etkilemektedir. Çalışma kapsamında ele alınan Görükle Mahallesi'nin gerek geliştirmekte olan yapısı gerekse taşıt baskısının artması nedeniyle yaya kullanımına bağlı fonksiyonlarını kaybetmeye başladığı görülmekte ve ulaşım açısından kullanıcıya sağladığı imkânlar özelinde bir takım eksikliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ulaşım alanlarında gerçekleştirilen saha gözlemleri ile literatür de yer alan sorunların Görükle Mahallesi ölçeğindeki yansımaları irdelenmiştir. Sayımlar sırasında kullanıcı yoğunluğunun tespit edilmesinin yanı sıra caddelerin araştırma ekibi tarafından deneyimlenmesi de çalışma alanıyla ilgili yargıda bulunma sürecini kolaylaştırmıştır. Alanda yapılan gözlem çalışmasında, Aydın (2019)'ın yaptığı çalışmada yer verdiği geçmiş dönem Görükle haritaları ile karşılaştırılarak caddelerin gelişimi ve eksikleri gözlenmiştir. Bu eksikliklerin, yapılan gözlemler ile yayalar tarafından yoğun kullanıldığı tespit edilen ve ana materyalin belirlenmesi sırasında elde edilen ölçütlerin (çalışma alanının fiziki durumu, saha gözlemleri sonucunda elde edilen veriler, mahallenin farklı mekânlarına erişimi sağlaması) puanlandırılması sonucu seçilen 5 farklı güzergâh ulusal ve uluslararası standartlar kapsamında değerlendirilmiştir. Görükle Mahallesi'nde bulunan bazı caddelerin yayalar açısından yeterliliği ortaya konmuştur. İlgili güzergâhların yaya ulaşım standartlarına uygunluk düzeyleri literatürde yer alan kaynaklardan faydalanılarak tablo haline getirilmiş ve her bir cadde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirme sonucunda bir mekânın alabileceği en yüksek puan 155'dir. Atatürk Caddesi ölçüt değerlendirmesine göre toplamda 102 puan alarak 5 güzergâh arasında en yüksek puana ulaşarak yaya ulaşım standartlarına en uygun yol olarak belirlenmiştir. Pamukkale Caddesi ise 79 puan ile bu alanda uygunluğu en az olan güzergâh olmuştur. Çalışma esnasında yoğun kullanıldığı tespit edilen caddelerin değerlendirme sonucunda yakın puanlar alması ve benzer karakterlerde mekânlar olması dikkate değer bir veridir. Yaya potansiyelinin artması ve kentsel gelişim süreci ile birlikte ulaşım aksları birbirine yakın gelişim göstermiş, buna bağlı olarak yayaların mahalle genelinde ulaşım mekânlarındaki deneyimi ortak paydada buluşmuştur. Kentsel ulaşım mekânlarındaki ortak dil, potansiyellerin ve sorunların mahalle genelinde yer aldığını göstermektedir. Fiziksel

engelli ulaşımı, yaya erişilebilirliği gibi konularda eksikler olduğu görünse de nispeten az maliyetli ve kolaylıkla uygulamaya alınabilecek olan; fiziksel engelli ulaşımına uygun yol genişliklerinin sağlanması, yaya yürüyüş alanlarında yer alan yapısal/bitkisel unsurların yürüme genişliğine müdahale etmeyecek şekilde yeniden konumlandırılması, eksik alanlarda emniyet şeridinin uygulanması, bitkisel materyalin doğru kullanılması, hissedilebilir yüzeylerin, örtü birimlerinin ve oturma birimlerinin sayılarının artırılması gibi müdahaleler ile yeterliliğin iyileştirilmesi mümkündür.

Azmoodeh ve ark. (2023) günümüzde kent sakinlerinin ulaşımındaki yerine atıfta buldukları çalışmada hızlı nüfus artışı ve iş bulma dürtüsü ile kırdan kente göçün artmasına değinmektedir. Benzer mekânları deneyimleyen, farklı demografik yapıdaki yayalar, ulaşımında çeşitli fiziksel yetersizlikler ile karşılaşmaktadır. Ulaşımında yaşanan bu olumsuz durum, yayaların ulaşımında yaşadıkları sorunları tetiklemekte ve erişilebilirlikle ilgili problemlerin hızlı artışına sebep olmaktadır. Görükle mahallesinin son yıllarda öngörülmeleyen bir hızla büyümesi, planlama aşamasında hataların yapılmasına neden olarak, ulaşım konforunun bu mekânları deneyimleyen tüm kentliler açısından düşmesine sebebiyet vermektedir. Kullanıcı sirkülasyonunun yoğun olduğu caddelerde bu gibi yetersizliklerle karşılaşılması kenti oluşturan diğer mekânları da etkilemektedir. Bekçi ve Sipahi (2023)'nin çalışmalarında söz ettiği gibi kentsel açık yeşil alan kullanım yoğunluklarının bağlı olduğu en temel unsurlar yaya erişilebilirliğindeki güvenli, uygun ve rahat uygulamalar gözetilerek planlanan yol ve kaldırımlardır. Günün her saati, yoğun sirkülasyona ev sahipliği yapan caddelerin erişilebilirlik standartlarını karşılaması tüm kullanıcı grupları için önem arz etmektedir. Erişilebilirlik yönünden en yüksek puanı alan Atatürk Caddesinin, kullanıcılar tarafından en yoğun kullanılan güzergâh olması gözden kaçırılmamalıdır. Cadde üzerindeki yaya geçitlerinin varlığı ve asgari kaldırım genişliği standardının uygulanması erişilebilirlik niteliğini arttıran unsurlardır. Farklı araçlarla ulaşım elverişli (bisiklet, toplu taşıma) ve mevcut fiziki özellikleri ile yaya sirkülasyonunu sekteye uğratmayan caddelerin tercih edilmesi ve yoğun kullanıma sahip olması da Yaman ve Surat (2014)'in elde ettiği sonuçlarla örtüşmektedir. Çalışma kapsamında değerlendirilen caddelerde karşılaşılan bir diğer önemli husus, yaya – araç yolu ayrımlarının yer yer net bir şekilde yapılmamış olmasıdır. Zannat ve ark. (2019), yaya alanlarının değerlendirilmesinde karayolları planlamasının büyük önem taşıdığını aktarmaktadır. Karayolunun emniyet, güvenlik, estetik ve konfor bağlamında değerlendirilerek uygulanması gerekmektedir. Bu sayede hem araç hem yaya trafiğinin konforu artacaktır. Yüksek düzeyde erişilebilirlik ve yaya konforu ile ulaşım alanlarındaki tesislerinin bitişik arazi kullanımıyla daha iyi bağlantı sağlanmasından dolayı, yayalar için önemli bir kavram olarak kabul edilmektedir. Yaya ve araç bağlantılarının kontrollü bir şekilde ayrılması nedeniyle kullanılan emniyet şeridi, bitkisel ve yapısal bantların olmaması gibi durumlar nedeniyle yayalar, aynı yolu kullanan diğer araçlardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Kaldırım genişliklerinin uygun olduğu yerlerde bitkisel materyal, olmadığı alanlarda ise yapısal çözümler ile bu sorun iyileştirilebilecektir. Çalışma alanında göze çarpan eksiklerin en önemlilerinin; hiçbir caddede oturma ve örtü birimlerinin bulunmaması, bisiklet yollarının eksikliği (yer yer kesintilerin mevcudiyeti), kentsel donatı elemanlarının yetersizliği, bitki materyalinin niteliği ve niceliği bakımından yetersiz kalmasıdır. Gözlemler sonucu elde edilen bu çıkarım Gehl ve ark. (2006) kentlerdeki kamusal alanları incelediği çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermekte ve kentsel donatı kullanımının, yaya konforunun iyileştirilmesi için

arttırılması gerektiği önerilmektedir. Yaya ulaşımındaki bir diğer önemli konu bitkisel ve yapısal sinyalizasyondur. Yaya güvenliğinin sağlanabilmesi için sinyalizasyon en önemli kriterlerden biridir. Karayolu tasarımı ve trafik sistemi ile ilgili olan bu durum güvenliğin sağlanması adına oldukça önemlidir. Oskarbski ve ark. (2016) araç – yaya bağlantı ve birleşimlerinin güçlendirilmesi ve çeşitli sinyalizasyon yöntemlerinin (yapısal-bitkisel) yollara entegre edilmesi ile birlikte güvenlikle ilgili yaşanan sorunların büyük oranda giderilebileceğini göstermektedir. Çalışma alanının bu bağlamda fiziksel durumu eksik kaldığı görülmektedir. Büyük oranda yeterli kaldırım genişliğini sağlayan Görükle Mahallesi'nde yürüyüş ve emniyet bantlarının yeniden düzenlenmesi, sinyalizasyonun etkin kullanımı ile fiziksel eksiklerin iyileştirilmesi mümkündür.

Sonuç olarak, belirlenen caddeler dâhilindeki güzergâhlar, yoğunluk bağlamında değerlendirildiğinde diğer caddelere kıyasla yüksek oranda tercih edilmektedir. Kullanıcılar tarafından yüksek oranda tercihin nedeni, ulaşım standartlarını karşılama niteliğinin ve ulaşımındaki olanakların önemli derecede baskın olmasıdır. Dolayısıyla bu güzergâhlar, kent içi ulaşımındaki işlevini gerçekleştirirken belirlenen kriterleri de büyük oranda sağlamaktadır. Mahallenin, geçmişten günümüze gösterdiği gelişim ile kentsel olarak büyümesi ve niteliğinin değişmesi ile nüfus baskısının artması, plansız gelişim göstermesi ve kır-kent bağlamındaki gelişim beraberinde çeşitli olumsuzluklar getirmiştir. Ulaşım ağlarının çevresinde, işyerlerinin ve konutların yoğun bulunması da bu baskılara ek olarak ulaşımında yer alan standartların uygulanmasını kısıtlamaktadır. Yapısal çevre nedeniyle yaya kaldırımlarının genişletilmesi olanağı bulunmamakta ya da çok yüksek kamu harcamaları gerektirmektedir. Bu nedenle yaya ulaşımının standartların iyileştirilmesi kapsamında tekrardan düzenlenmesi olanağı çok kısıtlıdır. Değerlendirilen alanlarda, standartlara ilişkin yeniden düzenleme ve iyileştirilme çalışmaları yapılması mevcut aksların daha işlevli hale gelmesini sağlayacaktır. Bu iyileştirmelere örnek olarak; ulaşım alanlarında yer alan donatıların sayılarının arttırılması ve niteliklerine göre konumlandırılması, aks bağlantılarının mevcut kullanım yoğunluklarına göre yeniden planlanması, kaldırımların ve yaya alanlarının kullanıcı ihtiyaçlarına uygun ölçülerde düzenlenmesi, mevcut fiziksel durumun ulaşım standartlarına (malzeme tercihi, eğim, kullanım yoğunluğu, yaya / araç yolu genişlikleri vb.) uygun hale getirilmesi gösterilebilir. Ulaşım akslarının iyileştirilmesi yalnızca yaya ve araç kullanımına değil kent karakterine de önemli katkıda bulunacaktır.

Bu çalışma; öncelikle yaya ulaşımının farklı özellikteki standartlar ile irdelenerek, kent yaşamına ve ulaşımındaki sorunların yaya kullanımını etkilediğini ortaya koymak açısından önem taşımaktadır. Ulaşımında kullanılan mekânlarla ilgili çeşitli sorunların varlığı ve yaya erişimini ne düzeyde etkiledikleri bu araştırmayla tartışmaya açılmıştır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçların Görükle Mahallesi başta olmak üzere, farklı ölçeklerde kentsel mekânlarda gerçekleştirilecek kent yenileme çalışmaları ve mevcut ulaşım alanlarının iyileştirilmesi adına yapılacak uygulamalar için değerlendirilmesi araştırmanın yararlılığını arttıracaktır.

Teşekkür

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 herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Adıyaman, B., Özçalık, M., & Doygun, H. 2022. Osmaniye Kenti Bisikletli Ulaşım Ağı Planlama Önerisi, *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 80-99.
- Altunkasa, F.M., Gültekin, B. 2008. Kent İçi Yolların Yaya Kullanımına Yönelik Değerlendirilmesinde Çözümlemeli Bir Yaklaşım: Adana Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 17(3), 65-74.
- Anonim, 1997. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Şehir İçi Yollar - Otolar İçin Otopark Tasarım Kuralları <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073099054050089077080122051098100115> (Erişim Tarihi: 15.12.2023).
- Anonim, 2019. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Bisiklet Yolları Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191212-1.htm> (Erişim Tarihi: 25.12.2023).
- Anonim, 2023. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yaya Yolları ve Kaldırımların Tasarım Kuralları Hakkında Yönetmelik, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/11/20231107-1.htm> (Erişim Tarihi: 11.12.2023).
- Ateş, O., Aslan, F., Kabataş, E. & Büyükbayraktar, N. 2021. Kentsel Ulaşım Sınıflamasında Yayalaştırılmış Cadde ve Sokak Uygulamalarının Başarı Değerlendirilmesi: Kırklareli İli Lüleburgaz İlçesi Örneği, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 382-389.
- Aydın, T. 2019. Görükle Kentsel Dokusunun Öğrencileştirme Kavramı Üzerinden Mekan Dizimsel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Azmoodeh, M., Haghighi, F., Motieyan, H. 2023. The Capability Approach And Social Equity In Transport: Understanding Factors Affecting Capabilities Of Urban Residents, *Transport Policy*, 142, p. 137-151.
- Bekçi, B., Sipahi, M. 2023. Investigation of spatial accessibility on the scale of pedestrian areas, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38(4), 2155-2165.
- Özlü, S., & Dedeoğlu Özkan, S. 2021. Kentsel Mekânı Biçimlendiren Kent İçi Ulaşım Kararları: Kanuni Bulvarı, D. Beyazlı (Ed.), *Doğu Karadeniz Yapılı Çevre Tartışmaları içinde* (s.190-230), Lyon.
- Chiara, J., Coppelman, L. 1975. *Urban Planning and Design Criteria*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Çetinkaya Özkan, E. 2022. Fırat Üniversitesi Yerleşkesi Ulaşım Ağına Yaya Öncelikli Planlama ve Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi, *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 32(2), 839-854.
- Deniz, T. 2016. Türkiye’de Ulaşım Sektöründe Yaşanan Değişimler ve Mevcut Durum, *Doğu Coğrafya Dergisi*, (36).
- Ender, E. 2011. Adana İli Çukurova İlçesi Aktif Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Açısından İrdelenmesi, (Master’s thesis). Çukurova University, Adana.
- Ender Altay, E., & Pirselimoğlu Batman, Z. 2019. Investigation of accesibility in recreational and leisure areas in Bursa-Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, Cilt.28, ss.1811-1822.

- Ender Altay, E., Zeybek, O. 2019. Kent içi ulaşımda bisiklet yollarının önemi: Bursa - Nilüfer ilçesi örneği. B. Gonencgil, T. A. Ertek, I. Akova ve E. Elbasi (Ed.), *1st Istanbul International Geography Congress Proceedings Book* (s. 309-315) içinde. İstanbul, Türkiye: İstanbul University Press. <https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.031>.
- Erdönmez, E., Çelik, F., 2016. Kentsel Mekanda Kamusal Alan İlişkileri, TÜBA-KED *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, (14), 145-163.
- Eren, T.E., Düzenli, T., Akyol, D. 2018. Kent Merkezinde Caddelerin Yayalaştırılması: Trabzon Kahramanmaraş Caddesi Örneği, *MEGARON*, 13(3): 480-491.
- Ersoy, M. 1994. Kentsel Alan Kullanım Normları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, *Mimarlık Fakültesi Yayınları*, p.301.
- Gehl, J., Gemzøe, L., Kirknæs, S. and Sternhagen Søndergaard, B. 2006. New City Life, *Arkitektens Forlag - The Danish Architectural Press*, p.179.
- Harris, C.W., Dines, N.T. 1998. Time-Saver standarts for Landscape Architecture: Designand Construction Data, McGraw-Hill Education, New York.
- Hepcan, Ş., Kaplan, A., Küçükerbaş, E., Özkan, B. 2001. Kemalpaşa (İzmir) Kentsel Dış Mekanlarının Yeterliliği Üzerine Bir Araştırma, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 38 (2-3), 143-150.
- Hepcan, Ş., Özkan, M. B., Kaplan, A., Küçükerbaş, V.E., Kara, B., Deniz, B., Coşkun H.Ç., Altuğ, İ. 2006. Yaya Erişiminde Süreklilik Sorunu ve Çözüm Olanaklarının Bornova Kent Merkezi Örneğinde Araştırılması, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 43(2), 121-132.
- Kılınçaslan, T. 2017. Kentsel Ulaşım, (2. bs.). İstanbul: Ninova Yayınları.
- Oskarbski, J., Guminska, L., Miszewski, M., Oskarbska, I. 2016. Analysis of Signalized Intersections In The Context Of Pedestrian Traffic, *Transportation Research Procedia*, 14, 2138 – 2147.
- Özdemir Işık, B., Demir, S. 2017. Integrated Multi-Criteria Decision- Making Methods for the Sustainability of Historical-Cultural Structures on the Trabzon Coastline, *Sustainability*, 9(11), 2114.
- Özdemir Işık, B., Kablan, Y., Sayitoğlu, Ç., Nasin, D., Odacı, G.S. 2017. Kullanıcıların Kent Donatılarının Kullanılabilirliğine Etkisi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(53), 151-164.
- Özkan, E., Zencirkıran, M. 2021. Evaluation of Gebze-Orhangazi-İzmir Highway's Landscape Plants, *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36(1), 87-102.
- Özkan, P., Seyidoğlu Akdeniz, N. 2021. İstanbul Kenti Bazı Alışveriş Caddelerinin Peyzaj Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (3),808-823
- Southworth, M. 2005. Designing the Walkable City, *Journal of Urban Planning and Development*, 131(4): 246-257.
- Tatlı, P., Erkan, G.H. 2021. Hukuki Metinlerin Türkiye Planlama Sistemindeki Yol Kademelenmesine Yaklaşımı, *Kent Akademisi*, 14(2), 518-532.

- Vural, A.T., Durak, S., Dizdar, G.F., Balçık, B. 2018. Assessment of factors influencing walkability in shopping streets of tourism cities: case of Bursa, Turkey, *International Journal Of Tourism Cities*, 4(3), 30-341.
- Yalçınkaya, F. 2007. Ankara-Bahçelievler Aşkabat Caddesi'nin (7. Cadde'nin) Yayalaştırılmasının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yaman, K. Y., Surat, H. 2014. Kent İçi Yolların Yaya Kullanımına Yönelik Değerlendirilmesinde Kamu Tercih, *Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 58-72.
- Zannat, K., Raja, R. D., Adnan, G. S. M. 2019. Pedestrian Facilities and Perceived Pedestrian Level of Service (PLOS): A Case Study of Chittagong Metropolitan Area, Bangladesh, *Transportation in Developing Economies*, 5 (9), 1-16.



Water-Yield Relationships of Green Pepper (*Capsicum annuum*) Cultivated at Different Irrigation Levels^A

Sinem YILMAZ¹, Hayrettin KUŞÇU^{2*}

Abstract: A field experiment was carried out in Bursa ecological conditions to determine the effects of different irrigation strategies on water-yield relationships of green pepper cultivation. In the study, where the amount of water evaporated from the class A pan (E) was taken as reference, different pan-crop coefficients (kpc: 0.25, 0.50, 0.75, and 1.00) were used for four irrigation treatments (S25: E×0.25, S50: E×0.50, S75: E×0.75, and S100: E×1.00) was created. While statistically significant ($p<0.05$) higher yields were obtained from S100 and S75 treatments, the yield decreased significantly from S50 and S25 treatments. The decrease in irrigation levels also caused a decrease in the size and diameter of the fruit. The highest water productivity was achieved from the S75 irrigation treatment. According to the results obtained, S75 irrigation treatment can be recommended in Bursa ecological conditions to obtain higher fruit yield both per unit area and per unit volume of water. Regarding S75, seasonally applied irrigation water was found to be 368.4 mm, evapotranspiration was 516.6 mm, fruit yield was 3629 kg da⁻¹ and water productivity was 7.02 kg m⁻³.

Keywords: Irrigation strategies, Evapotranspiration, Water productivity, Yield components.

^A Produced from a master's thesis. This study does not require ethics committee permission. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics.

¹ Sinem Yılmaz, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye, sinemctn794@gmail.com, [OrcID 0000-0003-0150-7834](https://orcid.org/0000-0003-0150-7834)

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Hayrettin Kuşçu, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye, kuscu@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9600-7685](https://orcid.org/0000-0001-9600-7685)

Farklı Sulama Seviyelerinde Yetiştirilen Sivri Biberin (*Capsicum annuum*) Su-Verim İlişkileri

Öz: Bu çalışmada, sivri biber yetiştiriciliğinde farklı sulama stratejilerinin su-verim ilişkileri üzerine olan tepkisini belirlemek amacıyla Bursa iklim koşullarında bir tarla denemesi yürütülmüştür. A sınıfı kaptan buharlaşan su miktarının (E) referans olarak alındığı çalışmada, farklı bitki-kap katsayıları (kpc: 0.25, 0.50, 0.75, and 1.00) kullanılarak dört sulama konusu (S25: $E \times 0.25$, S50: $E \times 0.50$, S75: $E \times 0.75$, and S100: $E \times 1.00$) oluşturulmuştur. İstatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0.05$) daha yüksek verimler S100 ve S75 konularından elde edilirken S50 ve S25 konularında önemli düzeyde verim azalmıştır. Sulama seviyelerindeki azalma meyve boyu ve çapında da azalmalara neden olmuştur. En yüksek su kullanım etkinliği S75 konusundan elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hem birim alan başına hem de birim hacimdeki su başına daha yüksek meyve verimi elde etmek için Bursa ekolojik koşullarında S75 sulama konusu önerilebilir. S75 konusunda mevsimlik olarak uygulanan sulama suyu 368.4 mm, bitki su tüketimi 516.6 mm, meyve verimi 3629 kg da⁻¹ ve su kullanım etkinliği ise 7.02 kg m⁻³ olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sulama stratejileri, Bitki su tüketimi, Su üretkenliği, Verim bileşenleri.

Introduction

Pepper (*Capsicum annuum* L.), one of the important species of the Solanaceae family, can be produced in different regions of the world. Its homeland is South America. It can be said that the center of different species, varieties and forms is Brazil. While it is grown as a perennial in regions with tropical climates, it is grown as annuals in temperate climates (Vural et al., 2000; Keleş et al., 2016).

Pepper is a very rich food in terms of organic matter. It contains various nutrients and light textured (loamy, loamy-sandy) soils are more suitable for the development period. Plant roots are sensitive and it is generally recommended to be grown in medium or high water holding capacity, medium texture, good soil depth and no drainage problems. Pepper plants give better yields in slightly acidic soils with relatively low salinity (below 1.5 ds m⁻¹) (Doorenbos and Kassam, 1979).

A total of 36,136,996 tons of pepper were produced in the world in 2020 (FAOSTAT, 2020). Pepper production in Turkey is increasing every year, and while the total pepper production was 1,700,000 tons in 2004, it increased to 2,782,354 tons in 2018 (Güvenç, 2020). A total of 2,624,537 tons of pepper production was carried out in our country in 2019, on an area of 920,890 decares, with a yield of 2850 kg da⁻¹ (Anonymous, 2021). According to the provinces, the most important pepper cultivation is located in Bursa, Gaziantep, Hatay, İzmir, Kilis Kahramanmaraş and Samsun (Güvenç, 2020). According to 2019 TUIK data, 69,429 tons of pepper were produced from an area of 24,497 decares in Bursa, and the total yield after harvest was 2834 kg da⁻¹. In

addition, in Bursa, red pepper (capija) is grown on an area of 21,646 decares and bell pepper is grown on an area of 4975 da. The area where pepper is grown in Bursa is in the second place after tomato (Anonymous, 2021).

Although Bursa is a province where pepper production is carried out intensively due to its fertile lands and climatic conditions, both agricultural areas and water resources are under intense industrial and urbanization pressure. Due to the reduction in precipitation and the increase in temperatures in the summer months, the water consumption of plants increases and the need for irrigation occurs. The effective use of scarce water resources is increasing its importance day by day. In order to ensure the sustainable use of water resources, there is an urgent need for agricultural practices where water is used sparingly.

Particularly in conditions where water resources are scarce, deficit irrigation (DI) practices are vital for the effective and effective use of irrigation water resources, and studies have been carried out on many crops including vegetables and fruits (Pereira et al., 2009; Mushtaq and Moghaddasi, 2011; Patanè et al., 2011; Laribi et al., 2013; Zheng et al., 2013; Yang et al., 2018). Pepper is one of the most sensitive vegetables to drought stress, owing to its large leaf surface and high stomatal conductivity (Liu et al., 2012). DI during the total crop growing season can reduce pepper yield (Sezen et al., 2014, 2015; Yang et al., 2017). DI can reduce irrigation depths by 20-50% compared to full irrigation, resulting in a higher WP (Abayomi et al., 2012). When irrigation water is sufficient, it is suggested to fully water the pepper to achieve the highest yield. However, in agricultural areas where water is scarce, DI options should be considered in pepper farming (Nagaz et al., 2012; Sezen et al., 2015; Kırnak et al., 2016; Yıldırım et al., 2017; Çamoğlu et al., 2018, 2021).

Kuşçu et al. (2016) investigated the response of various irrigation strategies and nitrogen levels on the yield and quality of red pepper plants in Bursa climatical conditions. The researchers determined that under drip irrigation, full irrigation and 24 kg N da⁻¹ application, maximum net income was obtained, and increased N levels under deficit irrigation conditions improved WP, dry matter and marketable fruit yield. When developing water saving techniques and preparing an appropriate irrigation program, it is crucial to recognize the responses of plants, considering scarce irrigation water resources of Bursa province. Although the responses of pepper on yield and quality under different irrigation programs have been studied by several researchers, the results may differ according to local conditions and crop varieties (Abayomi et al., 2012; Cosic et al., 2015; Sezen et al., 2015; Kuşçu et al., 2016; Koksall et al., 2017). It is also needed to conclude the local/regional susceptibility of the pepper to water stress to help farmers achieve higher fruit yields with less evapotranspiration, thereby increasing their net income with WP and adopting appropriate irrigation programs. Therefore, the aims of this study are (a) to investigate the responses of irrigation water applied at different levels by drip irrigation method on fruit yield and water productivity in pepper cultivation and (b) to determine an appropriate irrigation schedule for pepper cultivation in Bursa ecological environments.

Material and Method

Study area

A field experiment was conducted in the agricultural lands located in Bursa Uludağ University Görükle Campus in 2019. The field where the experiment was conducted is located at 40° 13' N latitude and 28° 51' E longitude, and its height above sea level is 112 m.

Bursa province is in the sub-humid climate class according to the annual total precipitation (Jensen, 1980). According to data received from the Turkish State Meteorology Service, Bursa province climate values are given in Table 1. In the pepper growing season, May-September, the monthly average temperature is 17.6-24.5 °C, the monthly average relative humidity is 63.5-68.6%, the monthly average wind speed is 1.9-2.3 m s⁻¹ and the average monthly total precipitation is 15.8-46.0 mm. According to the data for 2019, when the experiment was conducted, the lowest monthly average temperature was measured at 19.6 °C in May, while the highest temperature was measured in August with 24.5 °C. The average temperature (22.5 °C) between May and September 2019 was higher than the long-term average (21.7 °C) in the same period. On the other hand, while the precipitation totals in the May-September period were recorded as 160.1 mm for long-term, it was measured as 179.9 mm in 2019. The precipitation values in question are insufficient to obtain economic yields from the pepper plant. For this reason, irrigation is required in pepper cultivation in Bursa.

Table 1. Monthly average temperature, average relative humidity and total precipitation values of Bursa province for 2019 and long term years (1960-2019)

Months	Average temperature (°C)		Relative humidity (%)		Precipitation (mm)	
	2019	1960-2019	2019	1960-2019	2019	1960-2019
May	19.6	17.6	67.3	68.1	40.4	46.0
June	23.7	22.0	68.6	62.3	51.2	36.7
July	23.6	24.4	64.6	59.6	37.9	15.8
August	24.5	24.2	64.3	61.5	39.1	18.9
September	21.3	20.3	63.5	66.8	11.3	42.7
Average / Total	22.54	21.7	65.7	63.7	179.9	160.1

The soil texture is clayey; the volume weight is 1.35-1.38 g cm⁻³ for a soil depth of 0-120 cm in the experimental area. The field capacity value in terms of dry weight percentage varies between 38.17-43.01% and the permanent wilting point value varies between 23.18 and 27.07%. The salinity of the soils was 0.45 dS m⁻¹, the average pH was 6.3, and the organic matter content was between 0.43 and 0.72% (Elmas et al., 2023) (Table 2).

Table 2. Properties of the soil of the experimental area in terms of irrigation

Soil depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture	Bulk density (g cm ⁻³)	Field capacity (%)	Permanent wilting point (%)
0-30	24.32	26.18	49.50	Clay	1.35	38.17	27.07
30-60	23.28	26.22	50.50	Clay	1.36	40.01	27.03
60-90	21.88	24.62	53.50	Clay	1.34	43.01	26.75
90-120	21.64	37.86	40.50	Clay	1.38	40.05	23.18

Agronomic operations

The trial soils were plowed to a depth of 30 cm, processed with a disc harrow for the purpose of breaking up the clods and smoothing the field surface, and made ready for planting pepper seedlings with the soil milling applications made on 25 April 2019. Burkalem F1 pepper cultivar as plant material was used. The pepper seedlings with 3-4 leaf were planted on 14 May 2019 at 0.40 m distance in rows 0.70 m apart. During the research, at the recommended level according to the soil analysis results, 20 kg da⁻¹ N, 20 kg da⁻¹ P and 15 kg da⁻¹ K were applied equally to the experimental plots. Fighting against weeds was done by hoeing method and no diseases and pests were found.

Water and irrigation system

The water source was an irrigation pond located in Bursa Uludağ University Görükle campus. It is transmitted to the agricultural lands in the campus by a piped irrigation network, and water distribution is made by hydrants. The water taken from the nearest hydrant was brought to the trial area with a 75 mm HDPE pipe. It was measured that the pH value of the irrigation water used in the experiment was 7.12, the electrical conductivity (salinity) value was 0.31 dS m⁻¹, and the sodium adsorption rate (SAR) was 0.23. The water taken from the hydrant is passed through the control unit and given to the main pipe. In the control unit, there was a hydrocyclone with 2.5" inlet and outlet, sieve filter and manometers. A 50 mm PE main pipeline was used to direct the irrigation water from the transmission line to the experimental area with a ball valve. Manifold pipes were 32 mm PE. A water meter was placed per each block to deliver the irrigation water to the plots in a controlled manner. The laterals were connected to the manifold pipelines by a mini-valve. Drip irrigation pipes were drawn one lateral to each plant row. Drip pipes with an outer diameter of 16 mm, a distance between the drippers of 20 cm and a dripper flow rate of 2 L h⁻¹ under 1 bar pressure were used. The drippers used in this experiment are pressure regulators.

Irrigation treatments

The experiment were carried out using a randomized blocks design with three replications. The dimensions of a trial plot are 2.8 m x 6.0 m = 16.8 m². A distance of 3 m was left between blocks and 2 m between plots.

In the study, four irrigation treatments (S25, S50, S75 and S100) were formed at different irrigation levels. The irrigation level was determined by applying different levels of crop-pan coefficients (kpc: 0.25, 0.50, 0.75 and,1.00, respectively, according to the experimental treatments) to the amount of water evaporated from a

standard class A pan. Accordingly, the value of the applied irrigation water amount in terms of volume was calculated with Equation 1 (Oktem et al., 2003; Tüylü and Akın, 2023).

$$I = A \times E_{pan} \times k_{pc} \times P \quad (1)$$

Where, I shows the irrigation water amount (liter) applied to the experimental plot, A shows the area of a plot (m^2), E_{pan} shows the cumulative pan evaporation amount (mm) between two irrigations, k_{pc} pan-crop coefficient and P wetted area ratio (%). The plant-pan coefficient was determined according to the treatments. The P value was 0.90 (Çetin et al., 2003). Irrigation duration was determined by using the determined amount of irrigation water (as volume), both by using the pressure-flow rate relationship and by controlling the amount of water passing through the water meter. The irrigation interval was 3-4 days. Irrigation was continued until it was determined that the plants reached physiological maturity.

Measurements

A soil-water budget equation was used to determine the seasonal evapotranspiration (ETa) of pepper plants (James, 1988; Tüylü and Akın, 2023).

$$ETa = I + P \pm \Delta S - D - R \quad (2)$$

Where, I is the amount of irrigation water applied (mm), P is the effective rainfall during the growing season (mm), ΔS is the change between two soil water contents (mm), D is the amount of drainage (mm) and R is the amount of runoff (mm). Rainfall values were obtained from the Nilüfer meteorology station in the university. Soil moisture was determined via the gravimetric method on samples taken from the middle two rows of all plots in the middle block, and between two drippers, at 120 cm soil depth, using an auger set for each 30 cm layer. Since the drip irrigation method was used in the study, the runoff and drainage were neglected in the equation (Oktem et al., 2003; Tüylü and Akın, 2023).

The first harvest for the pepper plant was made on 10 July 2019, and the harvest was made as the fruits ripened. The weights of the pepper fruits harvested from each plot were weighed separately and the cumulative totals from the first harvest to the last harvest were taken. Pepper yields are expressed as $kg\ da^{-1}$. The length of 5 randomly selected fruits from the fruits collected in each harvest was measured with a ruler half and their diameter was measured from the midpoint of the fruits with a digital caliper.

There was a 2nd degree polynomial relationship ($Y = aS^2 + bS + b$) between the irrigation water amount and pepper fruit yield (Y), and a linear relationship ($Y = aET + b$) was determined between seasonal evapotranspiration and fruit yield. MS Excel spreadsheets and graphing features were used to determine the aforementioned relationships and determination coefficients. The a , b and c values in the equation represent the variables in the line or curve.

To determine the relationship between evapotranspiration and yield, the dimensionless parameters of proportional yield decrease and proportional evapotranspiration were used and the following equation was used:

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = ky \left[1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right] \quad (3)$$

Where; Y_a is pepper fruit yield (kg da^{-1}), Y_m is highest fruit yield (kg da^{-1}), ET_a actual evapotranspiration (mm), ET_m is maximum evapotranspiration (mm), and k_y is yield response factor (Doorenbos and Kassam, 1979).

Irrigation water productivity (IWP) and water productivity (WP) values were calculated as given in Equation 4 and Equation 5 (Çamoğlu et al., 2019).

$$IWP = Y / I \quad (4)$$

$$WP = Y / ET_a \quad (5)$$

In the equations, Y is the yield (kg ha^{-1}), I is the seasonal depth of irrigation water applied (mm) and ET_a is the seasonal plant water consumption (mm) counting soil moisture, irrigation water quantity and rainfall values (Yang et al., 2018).

The data obtained from the field experiment were subjected to analysis of variance (One-Way ANOVA) using SPSS software (Version 23.0, SPSS Inc., USA). Mean values for yield, length and diameter of pepper fruits were compared using Duncan's multiple distribution test at 0.05 level of significance.

Results and Discussion

Amount of irrigation water applied and evapotranspiration

The amount of irrigation water applied to the root zone of the plant, the amount of precipitation, soil moisture change and seasonal ET values during pepper cultivation are given in Table 3. On the day of staggering on the experimental plots of pepper seedlings, 30 mm of life water was applied. According to the experimental treatments, irrigations were started on 31 May 2019. Irrigation was suspended on rainy days. A total of 481.2 mm of irrigation water was applied to the pepper plants under the S100 treatment, where irrigation was carried out taking into account 100% of the water vaporized from the class A pan, while 368.4 mm, 255.6 mm and 142.8 mm of irrigation water were applied to the S75, S50 and S25 irrigation treatments, respectively. A total of 140.2 mm of precipitation occurred during the trial period. The highest evapotranspiration of pepper plant was 617.4 mm for S100 and the lowest was 323.0 mm for S25. It was determined that when the amount of irrigation water applied was increased for each treatment, evapotranspiration values increase in the same way. Accordingly, a linear relationship was determined between the irrigation water amount (S) and seasonal evapotranspiration (ET_a) in the form of $ET_a = 0.87S + 200.27$ ($R^2 = 0.99$). Sezen et al. (2016) applied irrigation water to the pepper plant at levels ranging from 385-770 mm. Demirel et al. (2012) reported that in the first year of the experiment, seasonal evapotranspiration and applied irrigation water amount values ranged between 333-855 mm and 30-567 mm, respectively, and in the second year, they ranged between 311-736 mm and 62-489 mm. Azder et al. (2020) calculated the seasonal total irrigation amount as 469-935.5 mm, and evapotranspiration as 457.0-935.5 mm. Certain differences were obtained between the amount of irrigation water and evapotranspiration values applied in these studies and the irrigation amount applied in this study and evapotranspiration. The reason for these

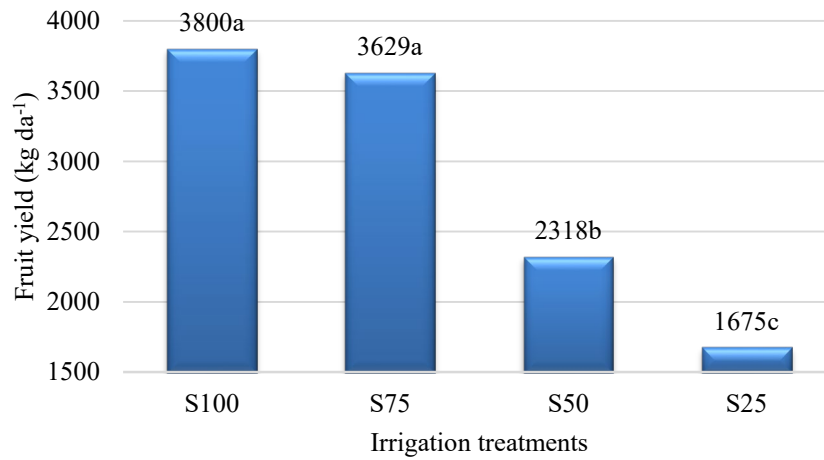
differences is due to the diversity of irrigation programs and the fact that the study is conducted in regions with different climates and soil characteristics.

Table 3. Seasonal evapotranspiration

Treatments	Irrigation water amount (mm)	Precipitation (mm)	Soil water change (mm)	Seasonal evapotranspiration (mm)
S100	481.2	140.2	-4	617.4
S75	368.4	140.2	+8	516.6
S50	255.6	140.2	+28	423.8
S25	142.8	140.2	+40	323.0

Fruit yield

The effect of irrigation levels on Burkalem chili pepper yield was statistically significant at the $P < 0.01$ level. The highest pepper fruit yield values were determined as 3800 kg da^{-1} and 3629 kg da^{-1} from S100 and S75 irrigation levels, respectively. On the other hand, lower pepper yields were obtained in S50 and S25 treatments due to the decrease in irrigation levels (Figure 1). The study results show that the pepper plant was sensitive to irrigation levels. When the S100 treatment is taken as a reference, the level of decrease in the yields obtained from the S75, S50 and S25 treatments was calculated as 5%, 39% and 56%, respectively. For this reason, in conditions where there is no difficulty in supplying irrigation water, the treatment S100, in which the irrigation program is created by applying the coefficient $kcp=1.00$ to the amount of water evaporated from the class A pan, can be recommended. The irrigation water level that can be recommended when there is difficulty in providing irrigation water or when limited irrigation is mandatory is S75 ($kcp=0.75$). Because, compared to the S100 treatment, a 25% saving in irrigation water is achieved, while the rate of reduction in fruit yield is only 5%. If the amount of irrigation water is reduced by more than 50% compared to the S100 treatment, yield losses increase to significant levels (39-56%). Taş and Kırnak (2011) determined the highest yield as 4703 kg da^{-1} . They determined the lowest yield as 2444 kg da^{-1} from S6 Kcp3, where the irrigation level is the lowest. Consistent with the results of this study, they reported that the decrease in yield was parallel to the reduction of the kcp coefficient. Şen (2015) reported that the highest pepper fruit yield was obtained from 3-days irrigation interval and 125% ET, while the lowest yield was obtained from 3-days irrigation interval and 25% ET. It is thought that the differences in yields in these studies are due to the planning of irrigation time and the different climate and soil characteristics of the regions where irrigation treatments were carried out.



Note: The values shown with different letters on the columns in the figure show significant differences at the $P < 0.05$ level

Figure 1. Pepper fruiting yields under different watering levels

Fruit size and diameter

The effect of irrigation levels on fruit length and diameter of Burkalem chili pepper was significant at the level of $p < 0.05$. The highest fruit size and diameter were achieved from S1 and S2 treatments and the lowest from S4. Azder et al. (2020) determined that fruit height values vary between 11.6 cm and 16.8 cm depending on irrigation levels. Demirel et al. (2012) reported the fruit size as 6.0-7.1 cm. Sezen et al. (2016) reported that the fruit length of the red pepper plant varies between 6.1-6.8 cm and the fruit diameter varies between 33.1-44.0 mm according to different irrigation treatments (50%, 75% and 100% of the pan evaporation value). It is thought that the difference in the fruit size parameters obtained as a result of the study among other studies is due to the difference in climate and soil characteristics, especially the difference in pepper varieties.

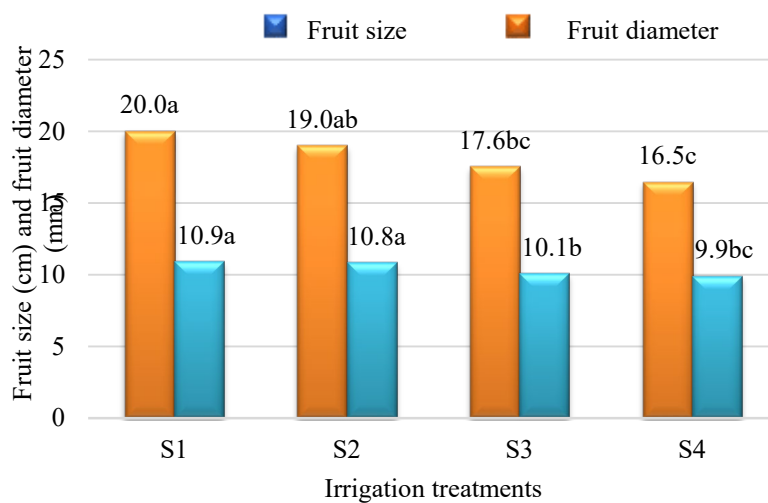


Figure 2. Pepper fruit length and diameter

Water-yield relationships

The relationship between pepper yield and the irrigation amounts in pepper plant is given in Figure 3, and the relationship between fruit yield and evapotranspiration values is given in Figure 4. Second degree polynomial equation was obtained between the seasonal irrigation amount (S) and the pepper fruit yield (Y) as $Y = -0.0093S^2 + 12.601S - 25.676$ (Figure 3). The coefficient of determination of the equation in question was determined as $R^2 = 0.95$. The high coefficient of determination indicates that the degree of accuracy of the obtained equation in estimating the yield for different irrigation levels is high. On the other hand, the linear relationship equation between evapotranspiration (ETa) and yield (Y) was found to be $Y = 7.8425ETa - 832.05$ and the determination coefficient was $R^2 = 0.92$. The coefficient of determination was found to be significantly higher. Using this equation, pepper growers in Bursa can predict fruit yield versus evapotranspiration with 92% accuracy.

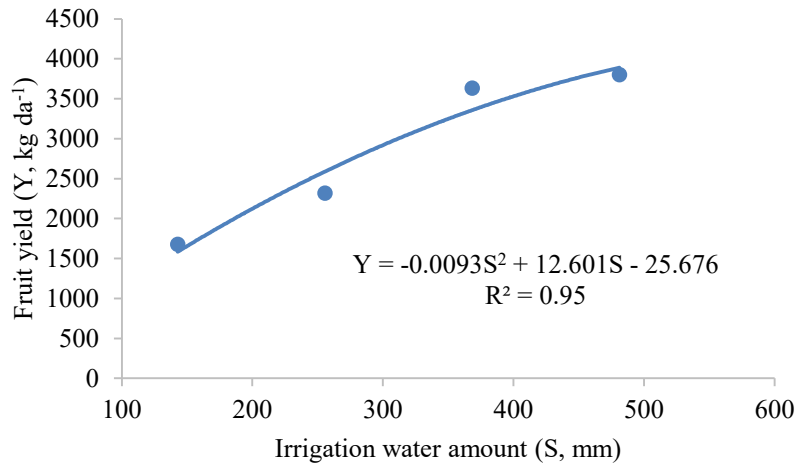


Figure 3. Relationship between the seasonal irrigation amount and pepper fruit yield

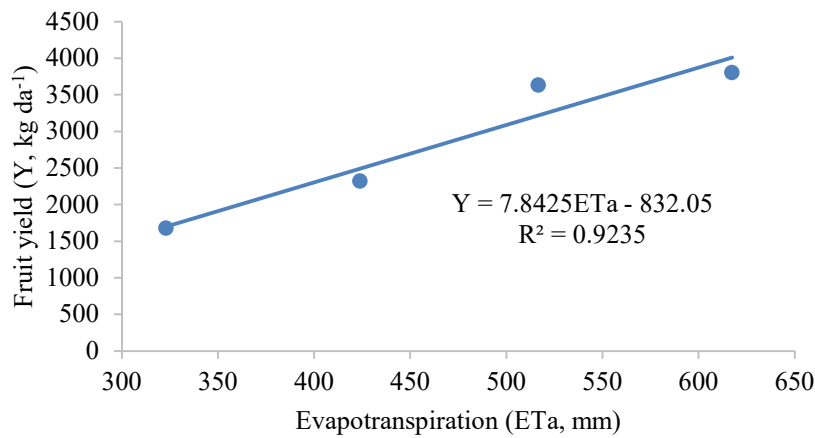


Figure 4. Relationship between evapotranspiration and fruit yield

Yield response factor

The seasonal yield response factor was calculated as $k_y = 1.12$ (Figure 5). Şen (2015) Şen et al (2000) reported k_y values as 0.996 and 0.615 for 3 and 6-day irrigation intervals, respectively. In the study conducted by Dağdelen (2001) under the conditions of Aydın province using the furrow irrigation method, the k_y in pepper cultivation was found to be 0.55, and Ersöz and Avcı (1999) found this rate to be 0.62 under Bafra plain conditions. The yield response factor value obtained in this study is higher than the values given above. The reason for these differences is; It can be said that it varies depending on the pepper variety, climate and soil characteristics.

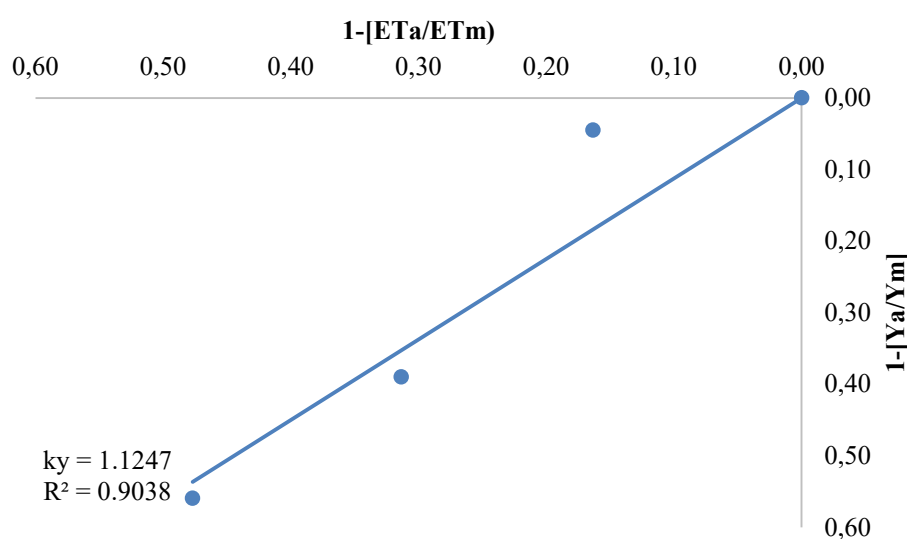


Figure 5. Yield response factor

Water productivities

IWP and WP values of the Burkalem green pepper plant for experimental treatments at different irrigation levels are given in Figure 6. IWP values varied between 7.90 and 11.73 kg m⁻³. The highest IWP was calculated from the S25, and the lowest was calculated from the S100. The IWP value obtained from topic S75 ranked second. WP values varied between 5.19 and 7.02 kg m⁻³. The highest WP was calculated from the S75 and the lowest was determined from the S25. When efficiency and other parameters are evaluated together, the S75 treatment stands out among other treatments. Sezen et al. (2016), WP values varied between 5.5-7.1 kg m⁻³ in 2010 and 5.8-7.5 kg m⁻³ in 2011. Çömlekçioğlu and Şimşek (2017) determined the IWP values as 3.41-5.88 kg m⁻³ and the WP values as 3.90-6.77 kg m⁻³. Azder et al. (2020) reported that IWP values were obtained as 4.84-6.19 kg m⁻³ depending on irrigation treatments, and WP values varied between 4.16 and 4.56 kg m⁻³. According to the results of the study, it is thought that the difference in IWP and WP values is owing to the fact that different irrigation strategies are addressed in the research and productivity levels differ depending on the variety.

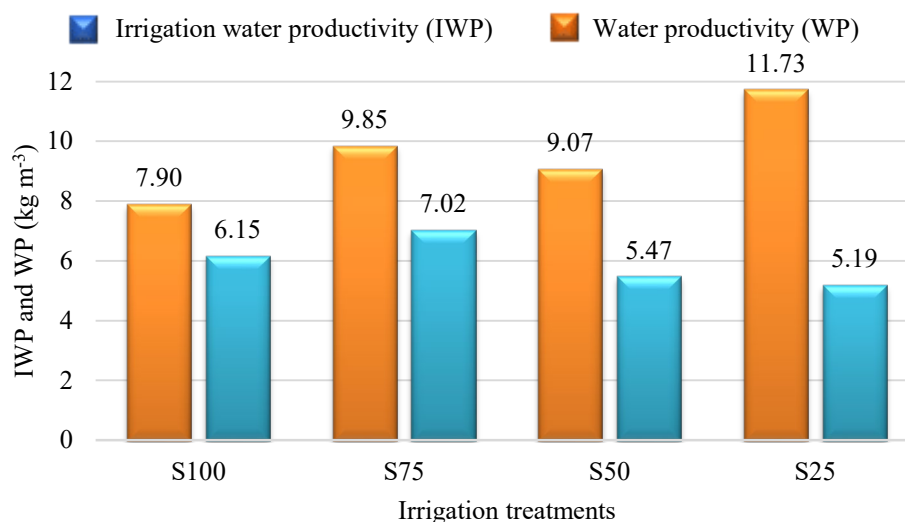


Figure 6. Water productivities

Conclusion

In Bursa ecological conditions, a field experiment was conducted in which different irrigation levels were discussed in order to plan the irrigation time and determine the water-yield relations on the green pepper (Burkalem variety) plant irrigated using the drip irrigation method. According to the results of the study, with the aim of ensuring maximum efficiency over the unit amount of irrigation water applied and protecting water resources and taking into account the water productivity, it can be recommended to prepare an irrigation program by applying the coefficient $kpc = 0.75$ to the water evaporated from the Class A evaporation pan in the cultivation of table green pepper in Bursa conditions. Under this condition, maximum water productivity can be achieved while saving 25% of water compared to irrigation with a coefficient of $kpc = 1.00$.

Acknowledgments

This study does not require ethics committee permission. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics. Author 1 contributed 60% and Author 2 contributed 40% to the publication. There is no conflict of interest between the authors.

References

Abayomi, Y. A., Aduloju, M. O., Egbewunmi, M. A. and Suleiman, B. O. 2012. Effects of soil moisture contents and rates of NPK fertilizer application on growth and fruit yields of pepper (*Capsicum* spp.) genotypes. *International Journal of AgriScience*, 2(7): 651-663.

- Anonymous. 2021. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK), http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. (Erişim Tarihi: 01.06.2021).
- Azder, G., Göçmen, E. ve İstanbulluoğlu, A. 2020. Tekirdağ koşullarında farklı sulama seviyelerinin kapyra biberin (*Capsicum annum* Cv. *Kapıja*) verim ve verim bileşenleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 443-431.
- Cosic, M., Djurović, N., Todorović, M., Maletić, R., Zečević, B. and Stričević, R. 2015. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. *Agricultural Water Management*, 159:139-147.
- Çamoğlu, G., Demirel, K. and Genc, L. 2018. Use of infrared thermography and hyperspectral data to detect effects of water stress on pepper. *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, 15(1): 81-94.
- Çamoğlu, G., Demirel, K., Akçal, A. ve Genç, L. 2019. Su stresinin sofralık domatesin verimi ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 33(1): 15-29.
- Çamoğlu, G., Demirel, K., Kahriman, F., Akçal, A., Nar, H., Boran, A., Eroglu, I. and Genc, L. 2021. Discrimination of water stress in pepper using thermography and leaf turgor pressure probe techniques. *Agricultural Water Management*, 254:106942.
- Çetin, Ö., Köksal, E.S. and Tarı A.F. 2013. Damla Sulamada Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu Hesabına İlişkin Temel Yaklaşımlar. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Daire Başkanlığı, Yayın No: TAGEM 2013-22, Ankara, 23 s.
- Çömlekçioğlu, N. ve Şimşek, M. 2017. Kontrollü kısıtlı sulamanın biber (*Capsicum annum* L.) verim ve verim bileşenlerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 297-304.
- Dağdelen, N. 2001. Büyük Menderes havzası koşullarında sanayi biberinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeyinin verim ve kalite üzerine etkileri. *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir*.
- Demirel, K., Genç, L. ve Saçan, M. 2012. Yarı kurak koşullarda farklı sulama düzeylerinin salçalık biberde (*Capsicum annum* cv. *Kapıja*) verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 7-15.
- Doorenbos, J. and Kassam, A. H. 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper*, 33: 257.
- Elmas, İ., Yetik, A.K. and Kuşçu, H. 2023. Effects of different irrigation intervals and irrigation levels on yield and quality components of processing tomatoes and economical analysis. *Bilecik Seyh Edebali University Journal of Science*, 10(1): 129-139.
- Ersöz İ. K. ve Avcı, K. 1999. Bafra Ovası koşullarında Kısıtlı Su Uygulamasının Salçalık Biber Verimine Etkisinin Saptanması, KHGM, APK Dai. Bşk., Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Yayın No: 115, s. 16-30, Ankara.
- FAOSTAT. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 08.06.2020).

- Güvenç, İ. 2020. Türkiye’de biber üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(2): 441-445.
- James, L. G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design, New York, p. 543.
- Jensen, M. E. (Ed.). 1980. Design and operation of farm irrigation systems (No. 631.587/J51). *American Society of Agricultural Engineers*.
- Keleş, D., Rastgeld, U., Karipçin, Z., Karagül, S., Soylu, M.K., Çömlekçioğlu, N. ve Büyükalaca, S. 2016. Seleksiyon yoluyla Şanlıurfa biber ıslahı. *Alatarım*, 15 (1): 39-44.
- Kırnak, H., Gökalp, Z., Demir, H., Kodal, S. and Yildirim, E. 2016. Paprika pepper yield and quality as affected by different irrigation levels. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(1): 77-88.
- Koksal, E. S., Tasan, M., Artık, C. and Gowda, P. 2017. Evaluation of financial efficiency of drip-irrigation of red pepper based on evapotranspiration calculated using an iterative soil water-budget approach. *Scientia Horticulturae*, 226: 398-405.
- Kuşçu, H., Turhan, A., Özmen, N., Aydınol, P. and Demir, A. O. 2016. Response of red pepper to deficit irrigation and nitrogen fertigation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(10): 1396-1410.
- Laribi, A. I., Palou, L., Intrigliolo, D. S., Nortes, P. A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V. ... and Pérez-Gago, M. B. .2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv.‘Mollar de Elche’at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management*, 125: 61-70.
- Liu, H., Yang, H., Zheng, J., Jia, D., Wang, J., Li, Y. and Huang, G. 2012. Irrigation scheduling strategies based on soil matric potential on yield and fruit quality of mulched-drip irrigated chili pepper in Northwest China. *Agricultural Water Management*, 115: 232-241.
- Mushtaq, S. and Moghaddasi, M. 2011. Evaluating the potentials of deficit irrigation as an adaptive response to climate change and environmental demand. *Environmental Science and Policy*, 14(8): 1139-1150.
- Nagaz, K., Masmoudi, M. M. and Mechlia, N. B. 2012. Effects of deficit drip-irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield, water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 106(2): 85-103.
- Oktem, A., Simsek, M. and Oktem, A. G. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region: I. Water-yield relationship. *Agricultural Water Management*, 61(1): 63-74.
- Patanè, C., Tringali, S. and Sortino, O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4): 590-596.
- Pereira, L. S., Paredes, P., Cholpankulov, E. D., Inchenkova, O. P., Teodoro, P. R. and Horst, M. G. 2009. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management*, 96(5): 723-735.

- Sezen, S. M., Yazar, A., Daşgan, Y., Yucel, S., Akyıldız, A., Tekin, S. and Akhoundnejad, Y. 2014. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 143: 59-70.
- Sezen, S. M., Yazar, A., Şengül, H., Baytorun, N., Daşgan, Y., Akyıldız, A. ... and Gügercin, Ö. 2015. Comparison of drip-and furrow-irrigated red pepper yield, yield components, quality and net profit generation. *Irrigation and Drainage*, 64(4): 546-556.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Tekin, S. ve Şengül, H. 2016. Salçalık biber bitkisinde damla yöntemiyle uygulanan farklı sulama düzeylerinin verim üzerine etkileri ve ekonomik analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3): 310-318.
- Şen, E. 2015. Sanayi biberinde (*Capsicum annuum* L.) damla sulama uygulamalarının bazı verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın*, 57s.
- Taş, İ. ve Kırnak, H. 2011. Damla sulama yöntemiyle sulanan Şanlıurfa biberinin (*Capsicum annum* L.) sulama programı. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1): 103-112.
- Tüylü, G.İ. ve Akın, S. 2023. Farklı sulama suyu seviyelerinin pamuk bitkisinin verim, verim bileşenleri ve lif kalite parametreleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12(1): 91-98.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Bornova, İzmir.
- Yang, H., Du, T., Qiu, R., Chen, J., Wang, F., Li, Y., ... and Kang, S. 2017. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. *Agricultural Water Management*, 179: 193-204.
- Yang, H., Liu, H., Zheng, J. and Huang, Q. 2018. Effects of regulated deficit irrigation on yield and water productivity of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in the arid environment of Northwest China. *Irrigation Science*, 36(1): 61-74.
- Yıldırım, M., Demirel, K. and Bahar, E. 2017. Radiation use efficiency and yield of pepper (*Capsicum annuum* L. cv. California Wonder) under different irrigation treatments. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(3): 693-705.
- Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L. S. ... and Liu, H. 2013. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 129: 181-193.



Rekreasyon Alanlarında Peyzaj Tasarım Önerilerinin Geliştirilmesi: Bursa Ayvalı Dere ve Çevresi^A

Sena ŞENGÜL^{1*}, Elvan ENDER ALTAY²

Öz: Bu çalışmanın amacı Bursa Ayvalı Dere ve çevresindeki rekreasyon alanı ile kent ilişkilerinin kurulması ve tasarlanmasına yönelik fikirlerin geliştirilmesidir. Mevcut duruma uygun olarak; kentin kimliğine katkı sağlayan, kentsel yerleşimlerle ilişki kuran tasarımları yansıtan, kentsel yaşam kalitesini arttıran, açık ve yeşil alanlar ile insan-doğa ilişkilerini ön plana çıkaran, yenilikçi, estetik ve ekolojik çözümler öneren fikirlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışma alanının peyzaj planlama ve tasarım kararları belirlenmiş, Bursa Ayvalı Dere ve çevresinin peyzaj tasarım projesi oluşturulmuştur. Rekreasyon alanları için geliştirilen çözümlerin ve önerilen mekanların benzer projeler için yol gösterici olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayvalı Dere, peyzaj tasarım projesi, rekreasyon alanları.

Development of Landscape Design Suggestions in Recreation Areas: Bursa Ayvalı Dere and Surroundings

Abstract: This study aims to develop ideas for the establishment and design of urban relations within the recreation area in and around Bursa Ayvalı Dere. Considering the current situation, the objectives is to propose ideas that enhance the city's identity, incorporate designs relevant to urban settlements, improve the quality of

^A Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada etik kurul izni gerekli değildir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Sena ŞENGÜL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, 502230003@ogr.uludag.edu.tr [OrcID 0000-0003-3167-5628](https://orcid.org/0000-0003-3167-5628)

² Elvan ENDER ALTAY, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye, elvanender@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5933-1611](https://orcid.org/0000-0001-5933-1611)

urban life, highlight open and green spaces, emphasize human-nature relations, and introduce innovative, aesthetic and ecological solutions. To achieve this goal, the landscape planning and design decisions for the study area were determined, leading to the creation of landscape design project for Bursa Ayvalı Dere and its environment. The solutions developed for recreation areas and the recommended spaces are intended to serve as a guide for similar projects in the future.

Keywords: Ayvalı Dere, landscape design projects, recreational areas.

Giriş

Kentsel mekanlarda güncel yaşantının etkisiyle giderek azalan açık ve yeşil alanlar, insan doğa ilişkilerini koparmakta, bu da kentlerde giderek artan sorunların ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Bu sorunlar günümüzde, kentsel alanlardaki gelişmenin insan gereksinimlerine cevap veren çözümlerden yoksun bir şekilde ilerlediğini göstermektedir (Korkut ve ark., 2017). Başka bir deyişle kentsel mekanlardaki planlama kararlarının doğal ve kültürel kaynakların dengeli kullanımının yanında kentte yaşayan bireylerin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak ortaya çıkarıldığı peyzaj planlama stratejileri önem kazanmaktadır (Arslan ve ark., 2005; Ayhan, 2007).

Kentlerde hızlı şehirleşmenin olağan bir neticesi olarak meydana gelen sorunlardan birisi de kentsel alanda yaşamakta olan bireylerin rekreasyon alan ihtiyacıdır. Peyzaj planlama stratejilerinde, sağlıklı kentler için kentsel alanlarda ulaşım ağı ve araçlarının gelişmesi, eğitim ve kültür seviyesinin artması, çalışma sürelerinin azalması ve alışkanlıkların farklılaşması ile insanların rekreasyon talebini karşılayabilecek rekreasyon alanları da bulunmalıdır (Özkan, 2002). Rekreasyon, yenilenme, yeniden oluşturma veya tekrardan yapılanma anlamına gelen Latince “recreatio” kelimesinden gelmektedir. Rekreasyon, serbest zamanlar içinde yapılan, insanları fiziksel ve düşünsel yönden yenilemeyi hedefleyen, bireyin kendi beklentisi ile, toplumsal, ekonomik, kültürel fırsatları ve yaşadığı toplumun yapısıyla bağımlı olarak gerçekleştirilen etkinlikler bütünüdür (Ozankaya, 1980). Baltaş ve Baltaş (1987)’ye göre zaman hayattır ve zamanı boşa geçirmek hayatı boşa geçirmek anlamına gelmektedir. Bu bağlamda insanların serbest zamanlarını farklı etkinliklerle geçirmesi önem kazanmaktadır. Zamanı iyi değerlendirebilmek insanın kendisine, sosyal yaşamına, dinlenme ve eğlenmesine, ihtiyaçlarını karşıladığı zaman aralıklarında dengeyi iyi kurabilmesine bağlıdır (Karaküçük, 2014). Aynı zamanda rekreasyon gelişmiş toplumlardaki esas gereksinimlerden biridir (Koç, 1991).

Rekreasyon alan planlaması ve tasarım sürecinde, koruma-kullanma dengesi için arazi ve kaynak kullanma önlemlerinin ortaya koyulması gerekmektedir (Koçan, 2012). Bu sayede kentlerde, hem doğal alan ve kaynakların korunması, geliştirilmesi hem de insanların fiziksel ve ruhsal açıdan sağlıklı vakit geçirmeleri sağlanmalıdır (Ankaralı, 2019). Aynı zamanda dereler ve nehirler lineer su alanları olduğu için kent içi sirkülasyonda büyük etkisi vardır ve kentliye rekreasyon alanı sunmaktadır (Hattapoğlu, 2004; Tülek ve Barış, 2014).

İnsanlar temel gereksinimleri sebebiyle su ile bağlıdır ve bu sebeple serbest zamanlarını çoğunlukla su kenarlarında geçirmek isterler (Haris ve Dines, 1988). Bu sebeple, çalışma alanının konumu dere kenarı olduğundan avantaj sağlanmaktadır. Bu mekanlar su ve kara kullanım potansiyeli yüksek olduğun için sosyal ve ekolojik gereksinimler doğrultusunda şekillenmelidir. Bir kıyı alanı olarak dereler incelendiğinde göz önünde bulundurulması gereken üç dokusal şerit (kent dokusu, peyzaj dokusu ve su ögesi) açığa çıkmaktadır (Şengül, 1995). Bununla birlikte kentlerdeki derelerin sahip oldukları sosyal, ekonomik, estetik özellikleri göz önünde tutularak, sürdürülebilirliklerinin karşılanması adına peyzaj planlama ve tasarım kararları ciddi öneme sahiptir. Bu endişeler dikkate alındığında ise yapılması planlanan çalışmaların, alanın fiziksel ve ekolojik yapısı dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Tekeli, 2016). Bu sebeple, şehirdeki doğal su ögeleri doğru bir şekilde analiz edilmeli ve daha sonrasında tasarım kararları alınmalıdır (Önen, 2007).

Bu kapsamda çalışma Ayvalı Dere ve çevresinde oluşturulması planlanan rekreasyon alanının dere ile ilişkisi önem taşımaktadır. Bu hususta su ögelerinin tasarım ile planlama basamakları açısından değerlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Rekreasyon ile ilgili olarak yapılacak bu çalışma kapsamında öncelikle serbest zaman kavramı ele alınmalıdır. Günümüzde zaman anlayışındaki gelişim süreci içerisindeki serbest zamanın, özellikle gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerde, uygarlık ve gelişmişlik olarak değerlendirildiği bilinmektedir. Serbest zamanlar farklı etkinlikler ile tüketim zamanına dönüştürüldüğünde toplum için toparlanma ve motivasyon imkanı da sunmaktadır (Karaküçük, 2014). Bu durumda, serbest zaman bireyler için seçilmiş zamana dönüştüğünde sosyalleşme, dinlenme, spor yapma gibi etkinliklere hizmet edebilecektir. Rekreasyon da, serbest zamanın belirli kullanış biçimlerini oluşturmaktadır (Bucher, 1972; Tezcan, 1982). Serbest zaman kullanış biçimlerinin ve etkinliklerin gerçekleştirildiği rekreasyon alanları peyzaj mimarları tarafından tasarlanması ya da iyileştirilmesi yaklaşımıyla farklı etkinlikler için uygun hale getirilmektedir (Güney ve Hepcan, 1994).

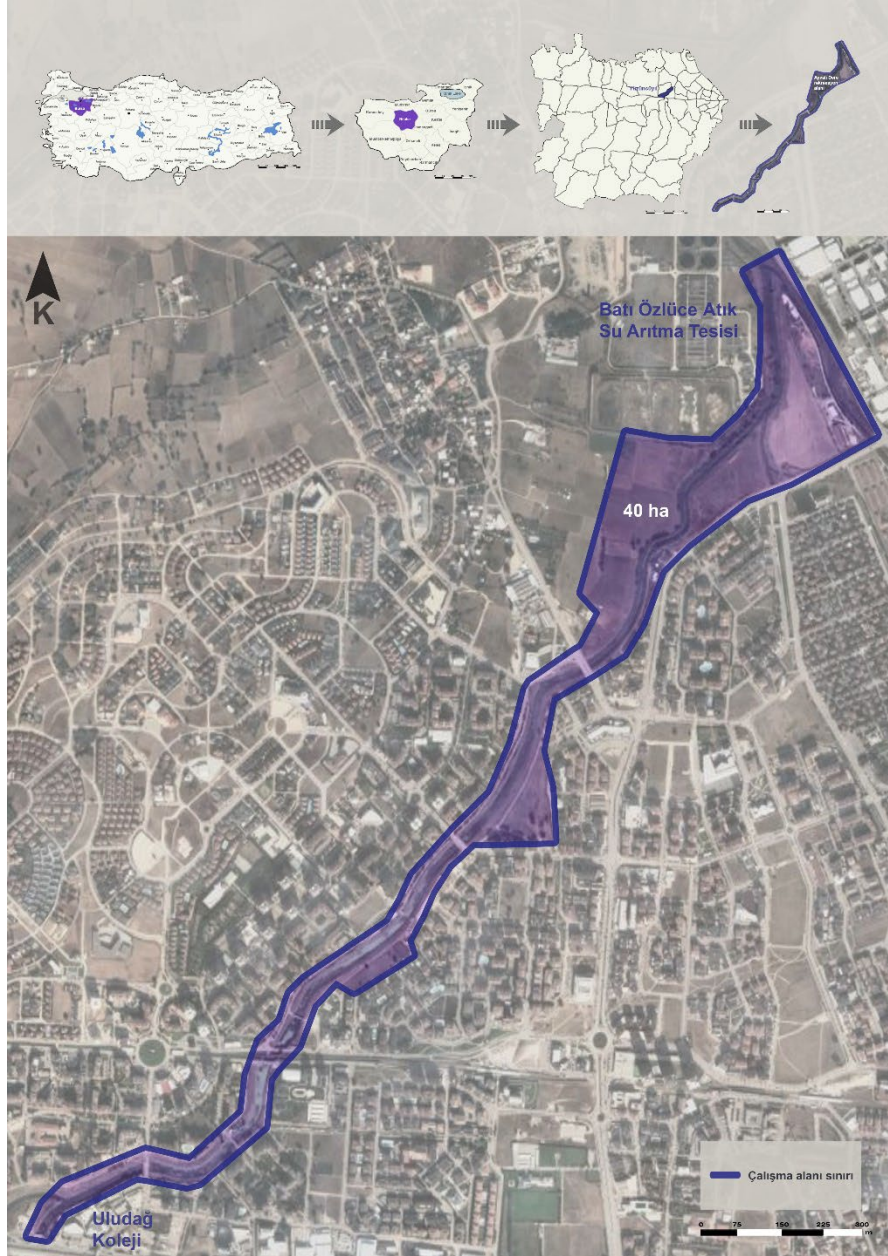
Materyal ve Yöntem

Nilüfer, nüfus yoğunluğu bakımından Bursa'nın en yoğun üçüncü ilçesidir. Çalışma alanı Bursa Nilüfer İlçesi Yüzüncüyıl Mahallesi'nde bulunmaktadır. 40 ha olan çalışma alanı Batı Özlüce Atık Su Arıtma Tesisi yakın çevresinden başlayarak Uludağ Kolejiyle İzmir Yolu'nun birleştiği noktada son bulmaktadır (Şekil 1). Ayvalı Dere'de bu alanda bulunmaktadır.

Ayvalı Dere ve çevresinin çalışma alanı olarak seçilmesinde:

- Kentin gelişmekte olan bölgelerinden birinde bulunması
- Bölgede nüfus yoğunluğunun artış göstermesi
- Fauna çeşitliliği
- Çevrede yoğun konut varlığına karşın açık yeşil alan ihtiyacı
- Su ile etkileşimde olabilecek rekreasyonel faaliyet imkânı
- Bölgeye ulaşımın kolay olması

- İklimsel verilerin rekreasyonel faaliyetler için elverişli olması
- Doğal bitki türlerinin çeşitliliği
- Dere manzarasından faydalanabilme olanağı
- Yakın çevrede çok sayıda okul bulunması gibi etmenlerin etkili olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı (Orijinal)

Nüfus

Çizelge 1’de çalışma alanının içinde bulunduğu mahallelerin nüfus verileri bulunmaktadır. Etkinlik alanları ve alan büyüklükleri belirlenirken proje alanıyla bağlantılı olan mahallelerin nüfus verileri dikkate alınmıştır.

Çizelge 1. Mahallelerin nüfus verileri (TÜİK, 2021)

Mahalle	Nüfus
Ertuğrul	12.644
Yüzüncüyıl	19.263
Özlüce	3.029
19 Mayıs	3.435
Altınşehir	18.444
29 Ekim	14.652
Doğanköy	2.121
Yaylacık	2.100

İklim

Çalışma alanının iklim verileri Çizelge 2’ de verilmiştir. Etkinlik alanları konumlandırılırken ve bitkisel tasarım sürecinde bitki türleri belirlenirken iklim verileri dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Çalışma alanı iklim verileri (Anonim, 2023)

İklim verileri	
Ortalama sıcaklık	14.2 °C
Ortalama en yüksek sıcaklık	42.8 °C
Ortalama en düşük sıcaklık	-13.3 °C
Aylık toplam yağış miktarı ort. (mm)	708.7 mm
Ortalama yağışlı gün sayısı	30 gün
Ortalama güneşlenme süresi(saat)	6.3
Ortalama rüzgar hızı	7.5
Rüzgâr yönü	KD>D>GB
Rüzgâr hızı	5.8
Donlu gün sayısı	34 gün
Ortalama kar kalınlığı	0.5 cm
Karlı günler	23 gün
Nem oranı	%75

Jeoloji

Çalışma alanının jeoloji verileri Çizelge 3’te verilmiştir. Proje alanı çevresindeki yoğun konut varlığının olası bir afet durumunda toplanma alanı ihtiyacını karşılamak için jeoloji verileri dikkate alınmalıdır.

Çizelge 3. Çalışma alanının jeoloji verileri

Jeoloji verileri	
Planlama alanının jeolojik özellikleri	Bölgedeki zemin profili incelendiğinde kil, killi siltli kum ve çakıllı kum tabakaları saptanmıştır. Alüvyon kalınlığı 80-200 m'dir (Şahin, 2020). Kök gelişimine yatkın toprak derinliği 143 cm'dir (Ünal ve Tümsavaş, 2005).
Deprem durumu ve fay hatları	Bursa, Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile Güney Marmara bölgesindeki faylardan kaynaklanan, uzun yıllardır deprem hareketinin izlendiği bölgede bulunmaktadır. Marmara bölgesinde yer alan fayların etki alanında olan çalışma alanı 1. derece deprem bölgesi içerisinde. Depreme sebebiyet verebilecek en mühim fay Bursa fayıdır. Bursa fayı doğuda Derekızık- Burhaniye köyleri ile batıda Uluabat arasında yer alan doğu ve takribi 45 km uzunluğunda doğru atımlı faydır (Şahin, 2020).

Hidroloji

Çalışma alanında yapılan ölçümlerde nitrat konsantrasyonlarının Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu standart seviyelerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Bu kirlenmenin, nitratlı gübrelerin kullanımı ile yakından ilişkili olduğu belirtilmiş ve böyle bölgelerde yeraltı sularındaki nitrat seviyelerinin düzenli olarak izlenmesi gerekliliği belirtilmiştir (Salihoğlu ve Eleren, 2017).

Ayvalı Dere, kıyı gelişimlerinde meydana gelen arazi ıslahları sebebiyle birlikte tarımsal, sanayi ve evsel kaynaklı atıkların sebep olduğu yoğun kirlilik tehdidi altındadır.

Fauna

Çalışma alanındaki fauna varlığını korumak ve zarar vermeyecek tasarım yaklaşımları geliştirmek için çalışma alanında bulunan fauna verileri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Çalışma alanının fauna verileri

Fauna verileri	
Çalışma alanındaki omurgalılar	Ördek, kuş türleri (güvercin, kumru, serçe vb.) kaplumbağa, kurbağa
Tehlike sınıfları	Sivrisinekler

Araştırmanın Yöntemi

Çalışmanın yöntemi dört basamaktan oluşmaktadır;

- Araştırma alanının mevcut durumunun analizi

SWOT (GZFT) analizi planlamalarda, alanda önemli olan mevcut bilgilerin ele alınması ve değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. SWOT analizinde metod ile değerlendirilme aşamasında sisteme bağlı iç-dış çevre faktörleri araştırılmaktadır. Bu hususta sistemin iyi bir şekilde ilerlemesi ile sürdürülebilirliğini sağlayacak güçlü ve zayıf yönlerinin neler olduğu ortaya koyulmaktadır. Sistemin güçlü ve zayıf yönlerinin değerlendirildiği sırada yapılan analizler sistemin iç faktörlerinin ele alındığı iç analizlerdir. Dış analizler ise sistemin gelişimine etki edecek olan fırsatlar ve tehditlerin değerlendirildiği sırada yapılan analizlerdir. Dış çevre üzerinde meydana gelen değişimler sistem için fırsat yaratabilirken aynı zamanda bazı tehditlere de sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle gerçekleştirilecek analizler ile sistemin sürdürülebilir olması için tehdit olan niteliklerin ele alınması gerekmektedir (Uçar ve Doğru, 2005; Türk, 2006; Pirselimoglu, 2007; Pirselimoglu ve ark., 2019). Bu doğrultuda alanın peyzaj karakteri SWOT analizi ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın ilk aşamasında alanın güçlü ve zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri belirlenmiştir. SWOT analizine ek olarak sorvey çalışması yapılmıştır.

b. Araştırma alanının peyzaj planlama kararlarının belirlenmesi

Mevcut durum analizinde elde edilen veriler doğrultusunda, koruma ve kullanma dengesini sağlamak amacıyla plan kararları alınmaktadır. Çalışma alanında bulunan flora ve faunayı korumak, doğal kaynaklara zarar vermeyen sürdürülebilir planlama önerileri sunmak bu aşamada amaçlanmaktadır. Avalı Dere ve çevresi için belirlenen planlama kararları haritaya işlenerek belirtilmiştir.

c. Araştırma alanının peyzaj tasarım kararlarının belirlenmesi

Planlama aşamasında alınan kararlar doğrultusunda tasarıma yönelik fikirler bu aşamada geliştirilmektedir. İnsan faaliyetlerinin çevreye olan olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak, alanın ihtiyaçlarına yönelik tasarım kararlarının alınması hedeflenmektedir. Ayvalı Dere projesi için ihtiyaç programı, fonksiyon diyagramı ve leke plan hazırlanmıştır.

d. Araştırma alanının peyzaj tasarım projesinin oluşturulması

Yapılan analizler doğrultusunda alınan planlama ve tasarım kararları kapsamında, çalışmanın son aşamasında Ayvalı Dere ve çevresinin peyzaj tasarım projesi oluşturulmuştur. AutoCAD, SketchUp, Lumion ve Photoshop programları bu aşamada kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanının mevcut durumunun analizi

Ayvalı Dere ve çevresinde alan sınırı belirgin değildir. Yollar bazı yerlerde dereye bitişik geçerken bazı yerlerde ise dere yakınındaki yeşil alanlardan sonra yer almaktadır. Çalışma alanının bazı kısımlarında dereyi dik kesen yollar da eklenmektedir. Ulaşım araçları bakımından oldukça etkili olan çalışma alanında trafik kaynaklı gürültü kirliliği söz konusu olabilmektedir. Çalışma alanının bittiği kısımda İzmir yolu bulunmaktadır ve bu kısım yoğun

Çalışma alanında yapılan SWOT analizi sonucunda alanda bulunan güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5. SWOT analizinde elden edilen bulgular

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler	Fırsatlar	Tehditler
Verimli toprakların bulunması	Derenin kirliliği	Yer altı sularının zengin olması	Birinci derecede deprem bölgesinde bulunması
Eğimin fazla olmaması	Derede kirlilikten kaynaklanan kötü koku olması	Konum olarak Bursa'nın her bölgesinden ulaşımın kolay olması	Plansız kentleşme nedeniyle yeşil alanların giderek azalması
Akdeniz iklimine sahip olması	Su arıtma tesisinden yoğun olarak alınan kötü koku	Çevresinde kamusal alanların bulunması	Diğer ilçelere oranla daha hızlı nüfus artışı
Erozyon riskinin az olması	Geri dönüşüm uygulamalarının yetersiz olması	Genç nüfusun diğer ilçelere göre daha fazla olması	Sanayileşmeden ve nüfus yoğunluğundan dolayı çevre kirliliğinin artması
Nilüfer'in ekonomik olarak en gelişmiş ilçelerden biri olması	Engelli bireyler için uygun yol ve donatıların bulunmaması	Sanayileşmenin giderek gelişmesi	Deprem gibi doğal afetlerde toplanma alanlarının yetersiz olması
Sanayi açısından gelişmiş olması	Kent mobilyalarının yetersiz olması	İnsanların eğitim düzeylerinin çoğu ilçeye oranla daha yüksek olması	Çevre kirliliği
Bursa'nın Güney Marmara'daki en gelişmiş ve yüksek nüfuslu il olması	Trafik gürültüsünün bulunması	Dereden gelen su sesi	Tarım alanlarında kullanılmak üzere dereden su çekilmesi
Fauna çeşitliliğinin bulunması	Aydınlatma elemanlarının yetersiz olmasından kaynaklanan güvenlik problemi	Çevrede çok sayıda okul olması nedeniyle genç kesimin yoğun olması	Derenin yanında yüksek gerilim hattının bulunması
Derede bulunan su mercimeklerinin dereyi doğal yollarla temizlemesi	Dere üzerinde yeterli sayıda köprü bulunmaması	Doğal manzaraya sahip olması	Dere taşkınına karşı alınmış önlemlerin yetersiz olması
	Yazın dere yatağında suyun azalması		Sivrisinek sorununun olması
	Yeterli sayıda tuvaletlerin bulunmaması		
	Derenin bir tarafının boş olması/kullanılmaması		

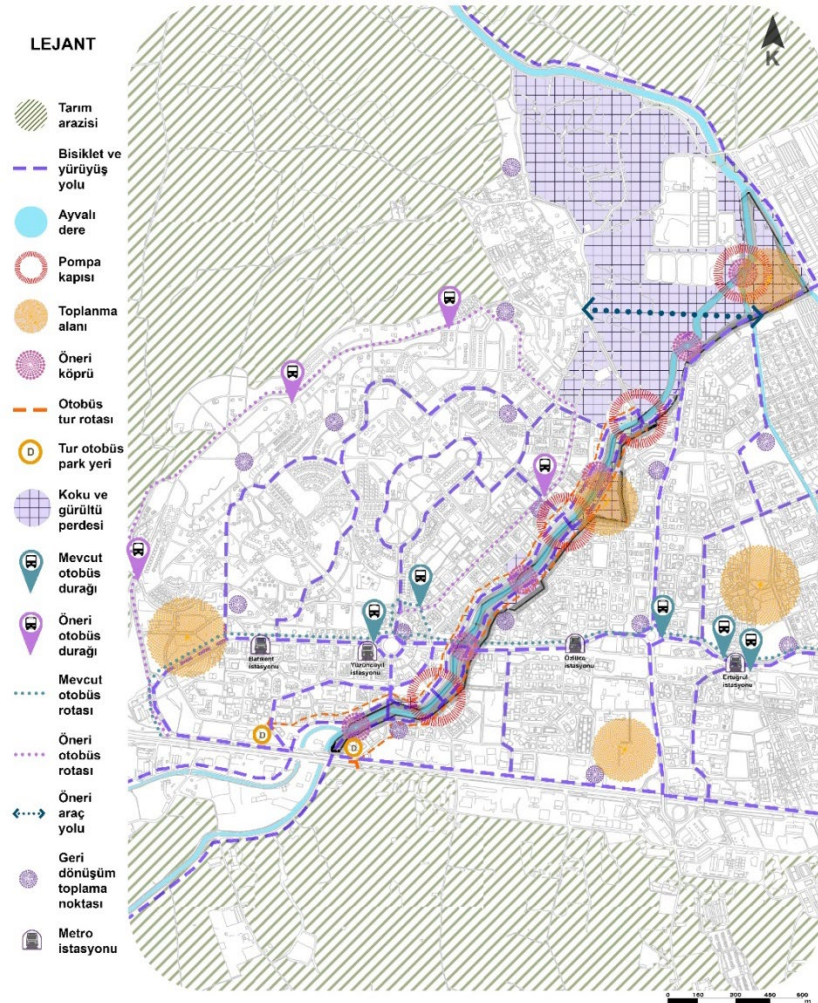
Peyzaj planlama senaryosu

Ayvalı Dere ve çevresi için yapılan analizler sonucunda alınacak planlama kararlarında, çevre kirliliğinin azaltılması, sürdürülebilir ulaşımın sürekliliğinin sağlanması ve flora-faunanın insan faaliyetlerinden zarar görmesinin engellenmesi hedeflenmektedir.

Analizler doğrultusunda peyzaj plan kararları (Şekil 3) aşağıda verilmiştir.

- Ayvalı Dere, tarımsal, sanayi ve evsel kaynaklı atıkların sebebiyet verdiği yoğun kirlilik tehditli altındadır. Bu sorunların giderilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

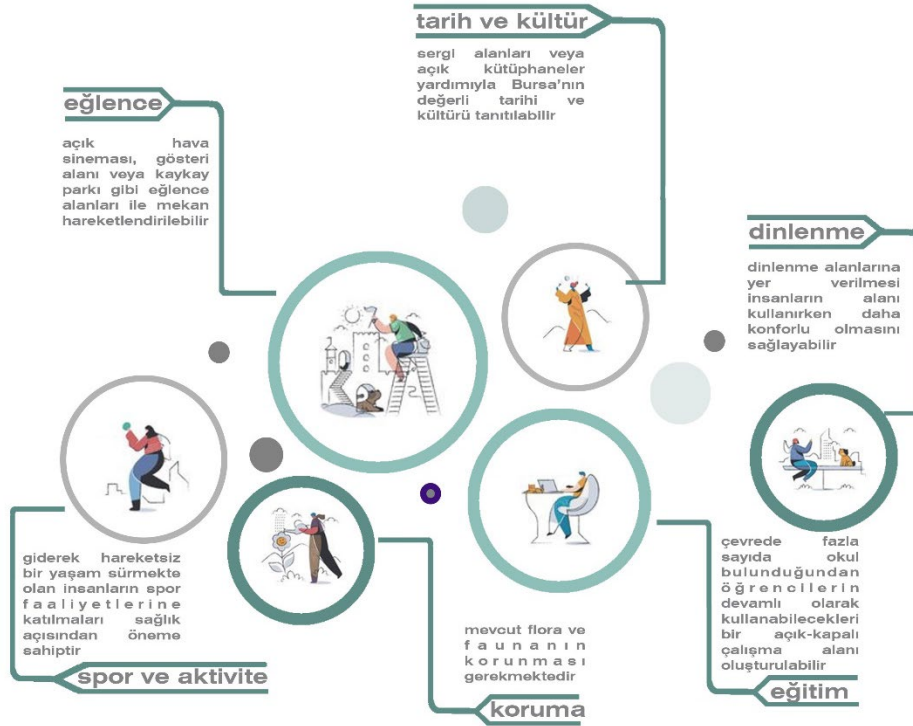
- Hayvanları doğal ortamlarında izlemek isteyen insanlar için uygun mekanlar oluşturulmalı ve ziyaretçilerin yoğun olmamasına özen gösterilmelidir.
- Doğal afetler gibi durumlar için toplanma alanları oluşturulmalıdır.
- Dere suyu ile sulanan tarım alanlarında kimyasal gübre kullanımı sınırlandırılmalıdır.
- Dereye geri dönen sulama suyunun zararlı maddelerden arındırılmasına yönelik teknik altyapı sağlanmalıdır.
- Turizm ve rekreasyon faaliyetlerini daha planlı ve çekici hale getirmek için dere çevresinde dolaşan-alanı tanıtan turlar düzenlenebilir.
- Görsel ve estetik değeri bozabilecek, görüntü kirliliğine sebep olan yanlış tarım uygulamaları, sanayi ve evsel atıklar gibi sorunlar ortadan kaldırılmalıdır.
- Bisiklet ve yürüyüş yolları düzenlemelidir.
- Dere üzerine köprüler tesis edilmelidir.
- Köprü altlarına pompa kapıları yerleştirilerek suyun arıtılması sağlanıp, akışını hızlandırarak kötü koku oluşmasına engel olunmalıdır.



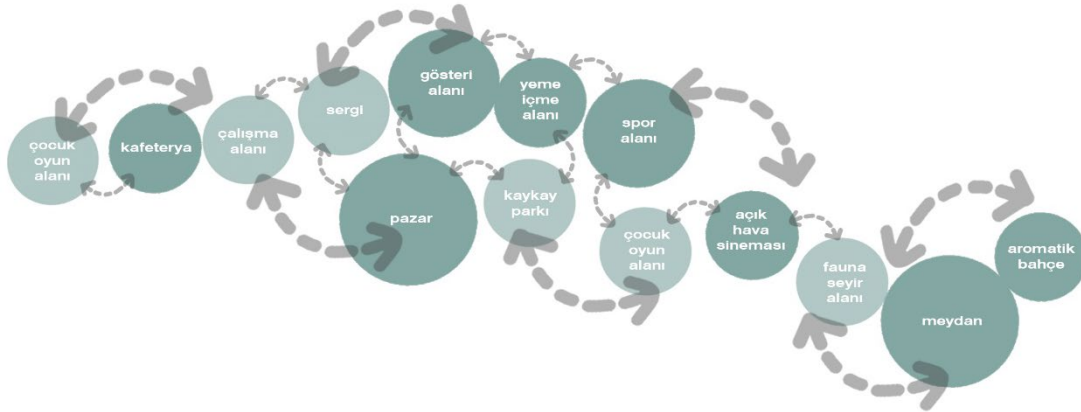
Şekil 3. Plan kararları (Orijinal)

Peyzaj tasarım senaryosu

Bu aşamada tasarım kararlarına altlık oluşturmak için ihtiyaç programı ve fonksiyonlar belirlenmiştir. İhtiyaç programı ve fonksiyonların belirlenmesinde SWOT analizi, sosyo-demografik özellikler ve iklimsel özellikler etkili olmuştur. İhtiyaç programı ve etkinlikler Şekil 4’te verilmiştir. İhtiyaç programı doğrultusunda etkinlikler fonksiyon diyagramı oluşturularak (Şekil 5), çocuk oyun alanı, kafeterya, çalışma alanı, sergi alanı, gösteri alanı, kaykay parkı, yeme- içme alanı, pazar alanı, spor alanı, açık hava sineması, gözlem terası, meydan, aromatik bahçe olarak belirlenmiştir.

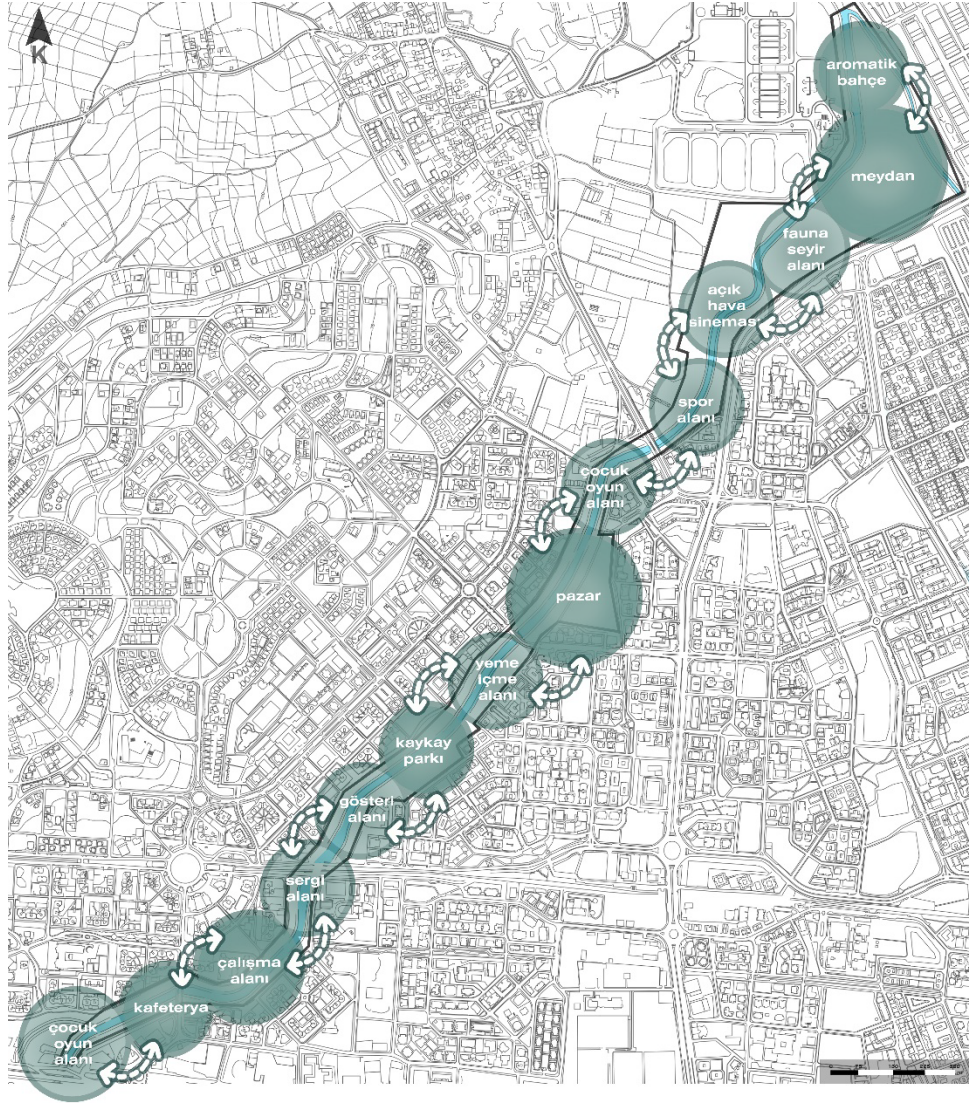


Şekil 4. İhtiyaç programı (Orijinal)



Şekil 5. Fonksiyon diyagramı (Orijinal)

Belirlenen etkinlikler doğrultusunda çalışma alanının leke planı oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Leke plan (Orijinal)

Çalışma alanında rekreasyon etkinliklerine olanak sağlayabilecek alan kullanımları alanın kuzeyinden güneyine doğru sırasıyla aromatik bahçe, meydan, fauna seyir alanı, açık hava sineması, spor alanı, çocuk oyun alanı, pazar, yeme içme alanı, kayak parkı, gösteri alanı, sergi alanı, çalışma alanı ve kafeterya olarak önerilmiştir.

Leke plan doğrultusunda çalışma alanının peyzaj tasarım projesi geliştirilmiş ve peyzaj tasarım paftaları Şekil 7-13'te verilmiştir.



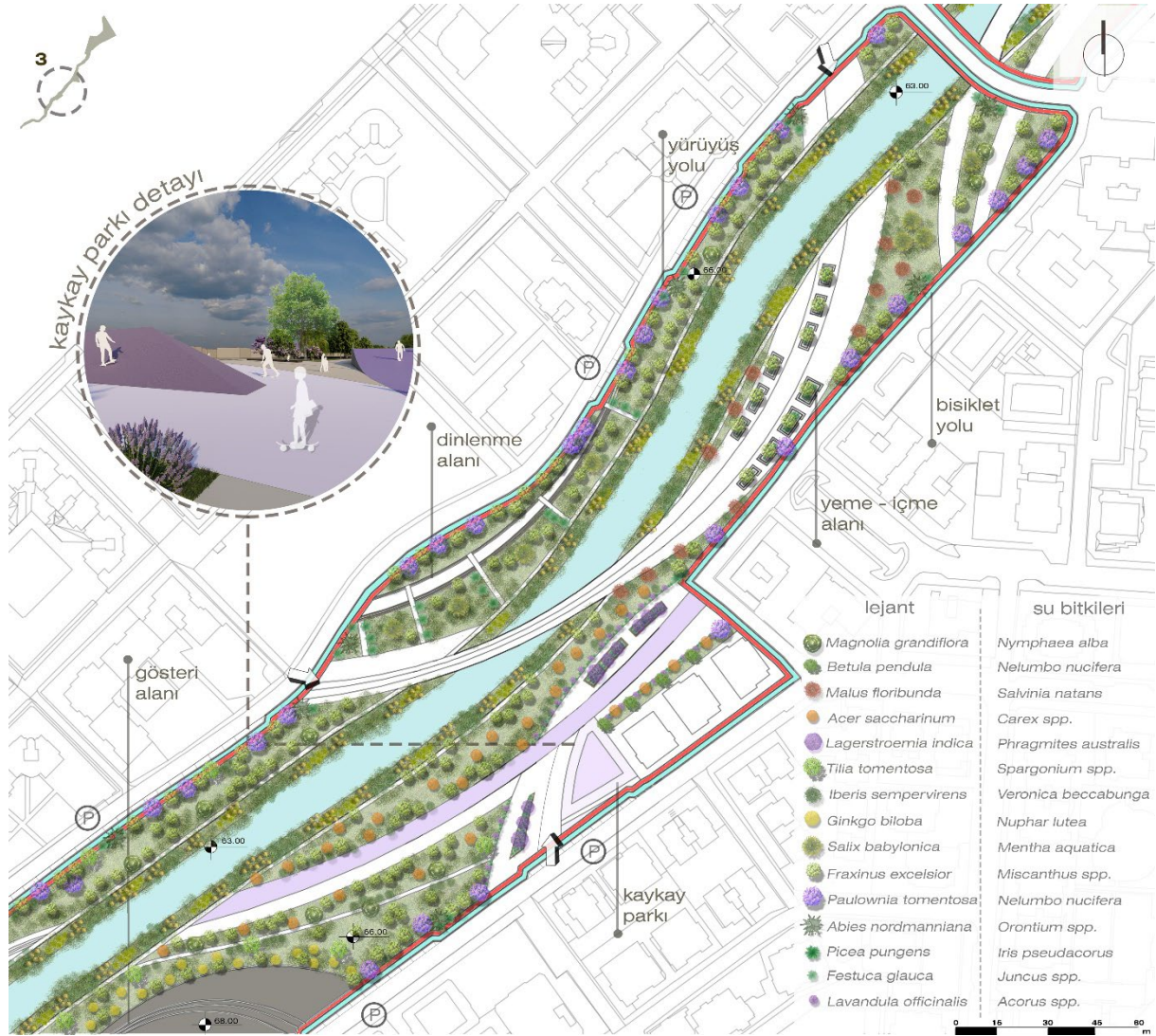
Şekil 7. Peyzaj Tasarım Paftası – 1 (Orijinal)

Çalışma alanının birinci kısmında, çocuk oyun alanı, dinlenme alanı, kafeterya, yürüyüş yolu ve bisiklet yolu önerilmektedir. Çocuk oyun alanında renk oyunları, kum havuzu, tırmanma ipleri, hareketli prizmalar, çim tepeler ve tebeşir çizim alanlarının yanı sıra ebeveynler için dinlenme alanları bulunmaktadır. Ayrıca bu alanda kullanılan bitkiler çocukların sağlığını tehdit etmeyecek türlerden seçilmiş olup, alanın taşıt yoluyla bağlantısını kesmektedir. Kafeterya köprü ile bağlantılı olmakla birlikte manzara etkisinden faydalanılmaktadır. Köprünün altında su arıtma amacıyla pompa kapısı bulunmaktadır. Yürüyüş yolu ve bisiklet yolu tüm çalışma alanını çevrelemektedir. Bu kısımda önerilen cep otoparkların toplam kapasitesi 22'dir.



Şekil 8. Peyzaj Tasarım Paftası – 2 (Orijinal)

Proje alanının ikinci kısmında, çalışma alanı, dinlenme alanları, sergi alanı, yürüyüş yolu ve bisiklet yolu önerilmektedir. Çevrede çok sayıda eğitim kurumu bulunmasından dolayı alanı gün içinde pek çok öğrenci ziyaret etmektedir. Bu kapsamda alanda öğrenciler için ayrılmış bir çalışma alanı bulunmaktadır. Sergi alanında ise Bursa'nın tarihine ve kültürüne yönelik eserler sergilenmektedir. Sergi alanı ile çalışma alanının yakın mesafede konumlandırılmış olmasının amacı, öğrencilerin sergi alanından bilgi edinmesini sağlamaktır. Gösteri alanında ise dönemsel olarak etkinlikler düzenlenebilmektedir. Köprü'nün altında su arıtma amacıyla kapı pompası bulunmaktadır. Bu kısımda önerilen cep otoparkların toplam kapasitesi 20'dir.



Şekil 9. Peyzaj Tasarım Paftası – 3 (Orijinal)

Çalışma alanının üçüncü kısmında, kaykay parkı, yeme-içme alanı, dinlenme alanları, gösteri alanı, yürüyüş yolu ve bisiklet yolu önerilmektedir. Hareketsiz yaşamın her geçen gün daha da tehlikeli bir boyuta ulaşması insan sağlığını tehdit etmektedir. Kaykay parkı gibi alanlar oluşturularak insanlar hareket etmeye teşvik edilebilir. Yeme-içme alanının dere yakınında ve bitkisel tasarımla birlikte bulunuyor olması, kullanıcıların yemek-içme alanını kullanırken keyif almalarını destekler niteliktedir. Bu kısımda önerilen cep otoparkların toplam kapasitesi 51'dir.



Şekil 10. Peyzaj Tasarım Paftası – 4 (Orijinal)

Çalışma alanının dördüncü kısmında, pazar, dinlenme alanları, çocuk oyun alanı, yürüyüş yolu ve bisiklet yolu önerilmektedir. Suya temas imkânı tanıyan dinlenme alanı, kullanıcıların doğa ile etkileşimini artırmaktadır. Alanda bulunan pazar, kullanıcılara alışveriş yapma imkânı tanımaktadır. Çocuk oyun alanında renk oyunu, tırmanma ipleri, tebeşir çizim alanı ve hareketli prizmalar bulunmaktadır. Bu kısımda önerilen cep otoparkların toplam kapasitesi 26'dır.



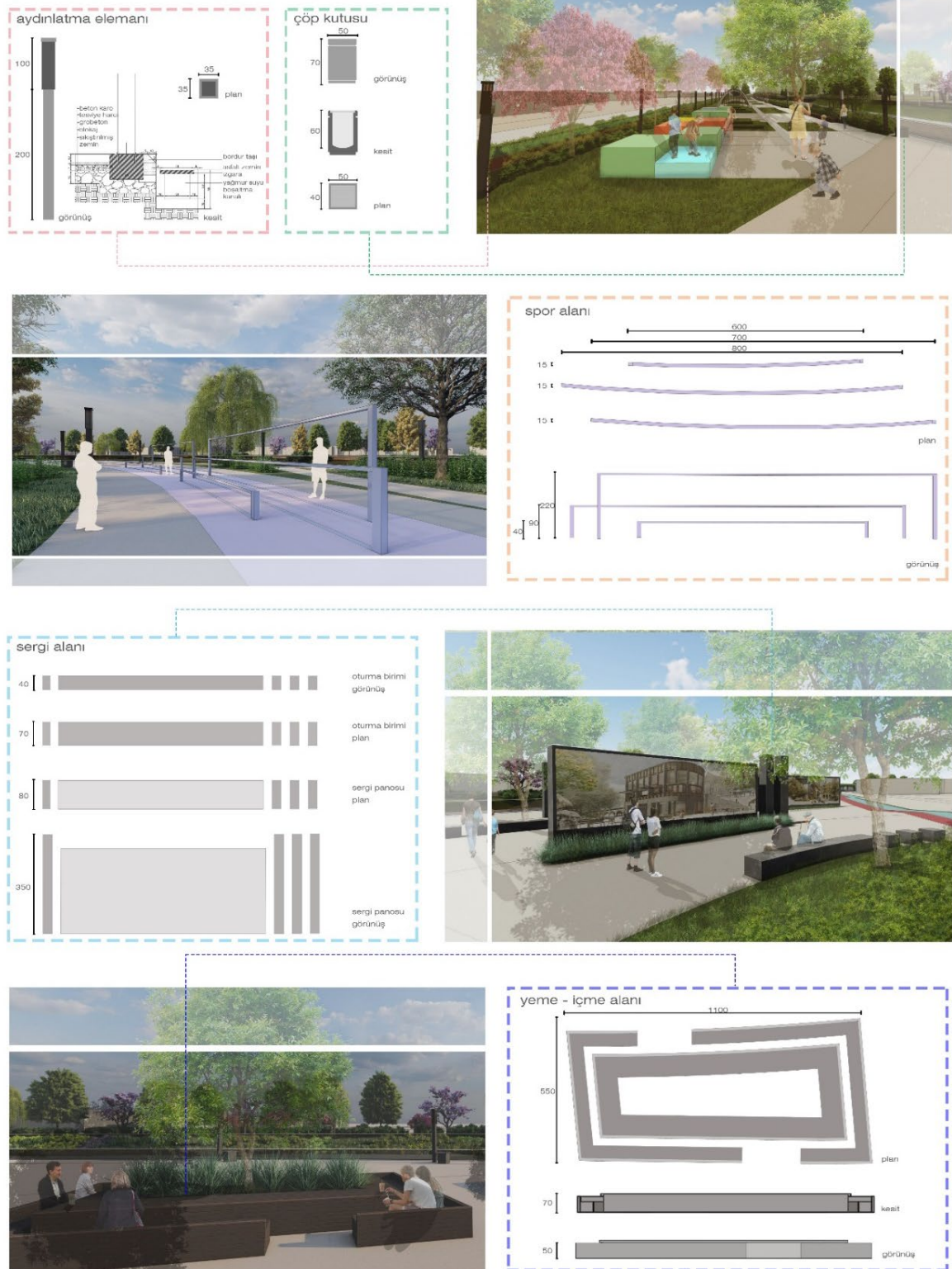
Şekil 11. Peyzaj Tasarım Paftası – 5 (Orijinal)

Çalışma alanının beşinci kısmında, spor alanı, dinlenme alanları, açık hava sineması, yürüyüş yolu ve bisiklet yolu önerilmektedir. Spor alanında, tırmanma alanı, spor aletleri ve oturma birimleri bulunmaktadır. Açık hava sineması dönemsel olarak sinema veya tiyatro gösterileri için kullanılabilir. Köprü'nün altında su arıtma amacıyla kapı pompası bulunmaktadır. Bu kısımda önerilen cep otoparkların toplam kapasitesi 37'dir.



Şekil 12. Peyzaj Tasarım Paftası – 6 (Orijinal)

Çalışma alanının altıncı kısmında, meydan, dinlenme alanları, gözlem terası, yürüyüş yolu ve bisiklet yolu önerilmektedir. Ayvalı Dere ve çevresinin birinci derece deprem bölgesinde bulunuyor olması, olası bir afet durumunda toplanma alanı olarak kullanılabilir bir alan gereksinimini ortaya koymaktadır. Meydan, bu gereksinimi gidermek adına önerilmektedir. Alanda bulunan fauna varlığını ve dere manzarasını seyretmek isteyen kullanıcılar gözlem terasında vakit geçirebilmektedirler.



Şekil 13. Detay paftası (Orijinal)

Şekil 14'te aydınlatma elemanı, spor alanı, sergi alanı ve yeme-içme alanının detayları verilmiştir. Aydınlatma elemanı çalışma alanı boyunca, güvenliği sağlamak ve alana estetik olarak katkıda bulunmak amacıyla kullanılmıştır. Çöp kutularına sıklıkla yer verilmiş olup çevre kirliliğini azaltmak amaçlanmıştır. Spor alanında bulunan aletler barfiks, şınav gibi aktiviteler için kullanılabilir. Sergi panoları kültürel ve sanatsal eserleri sergilemek için önerilmekle birlikte, estetik görünüm için sergi alanında bulunan oturma birimlerinin şekli panolar ile uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Yeme-içme alanında bulunan birimler masa ve oturma birimi şeklinde tasarlanmış olup orta kısımda bitki kasasına yer verilmiştir.



Şekil 14. Etkinlik mekanları (Orijinal)

Çalışma kapsamında tasarlanan etkinlik mekanlarının bir kısmının konumları ve görünüşleri Şekil 14'te verilmiştir. Birinci görselde kafeteryanın dere ve köprü ile olan bağlantısı, ikinci görselde çocuk oyun alanında bulunan hareketli prizmalar ve oturma birimleri, üçüncü görselde gözlem terası, dördüncü görselde ise sergi alanındaki panolar ve oturma birimleri bulunmaktadır.



Şekil 15. Etkinlik mekanları (Orijinal)

Çalışma kapsamında tasarlanan etkinlik mekanlarının bir kısmının konumları ve görünüşleri Şekil 15'te verilmiştir. Birinci görselde dereye bakış noktasından çalışma alanı, ikinci görselde pazar alanındaki satış birimleri, üçüncü görselde spor alanındaki spor aletleri, dördüncü görselde ise dere kenarında bulunan dinlenme alanına yer verilmiştir.

Gürbüz (2021)'e göre çalışma alanında planlama ve tasarım yaklaşımlarından önce, çalışma alanına ilişkin nüfus, iklim, jeoloji, hidroloji veya faunaya dair verilere sahip olmamız gerekmektedir. Ayvalı Dere ve çevresi için geliştirilen proje önerisinde de bu verilerin toplanmasıyla birlikte SWOT analizi yapılmış olup, elde edilen veriler öneri etkinlik alanlarının belirlenmesinde ve konumlandırılmasında, bitki seçim aşamasında ve doğayı korumaya yönelik fikirlerin geliştirilmesinde kullanılmıştır.

Sonuç

Dere iyileştirme çalışmaları toplumun refah seviyesini artırma amaçlı yapılmaktadır. Kentsel su ögeleri ile bütünlük parkların, diğerlerinin yanı sıra, hastalık riskinin azalmasına, yaşam süresinin uzamasına, ruh ve beden sağlığına, stres seviyesini düşürmeye yol açabileceği bilimsel olarak ispatlanmıştır (Kocabaş ve ark., 2018). Günümüzde rekreasyon alanlarına duyulan ihtiyaç, kentleşmenin baskısıyla daha fazla artmaktadır. Bursa Ayvalı Dere Rekreasyon Alanı'nın projesinin özgün bir çalışma olması hedeflenmiştir. Sürdürülebilirlik doğrultusunda ele alınan bağlantılılık ilkesi ile insan-doğa ilişkilerini ön plana çıkaran, ekolojik ve ekonomik yaklaşımlar ele alınmıştır. Bu çalışma kapsamında alınan kararlar:

- Ulaşım türlerinin birbirini destekleyecek ve derenin doğal yapısını bozmayacak şekilde planlanmasıyla verimliliğini arttırmak
- Çevrenin, taşkın, heyelan, deprem vb. afet etkilerinden korunmasını sağlamak
- Dereye dökülen atıkları arıtmak
- Rekreasyon alan kullanımlarını düzenlemek
- Etkinlikleri çeşitlendirmek ve bölgeyi canlandırmak
- Mevcut flora ve faunayı korumaktır.

Bu kapsamda doğal kaynakların korunması için gerekli tüm bilimsel ve yönetsel önlemler alınmalı, çevre korumaya yönelik insanlar bilinçlendirilmelidir. Çalışmada, çevreyi onarmak ve korumak amacıyla farklı fikirler sunulmuştur. Dere suyunun özellikle yaz aylarında azalıp yavaşlamasıyla oluşan kötü koku önlemi olarak pompa kapısı önerilmiştir. Pompa kapısı Çin' de uygulanmış olup kokuyu büyük ölçüde yok etmiştir. Çalışma mekanizması bir kalp gibi işleyen pompa, içeriye alınan suyu basınçlı bir şekilde dışarıya aktararak akıntının hızlanmasını sağlayıp kokuyu engellemektedir.

Rekreasyon alanlarında tasarımı bütüncül bir plana dayalı olarak gerçekleştirerek var olan potansiyeli en iyi düzeyde kullanmak ve sürekliliğini sağlamak bu alanların başarılı çözümlere ulaşmasını sağlayabilecektir (Başal, 1998).

Teşekkür

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 herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Ankaralı, N. 2019. Bartın Nehri Gölbucağı Boğaz Kesimi Rekreatif Alan Kullanım Potansiyelinin Peyzaj Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.
- Anonim 2023. Hava durumu. <https://tr.weatherspark.com/y/95420/Nil%C3%BCfer-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1-Boyunca> (Erişim Tarihi: 05.11.2023).
- Anonim 2024. Pompa kapısı. <https://www.grundfos.com/tr/learn/cases/pump-gates-bring-a-new-flow-to-fuzhou-s-rivers--revitalising-lif> (Erişim Tarihi: 15.01.2024).
- Arslan, M., Barış, E., Erdoğan, E. ve Dilaver, Z. 2005. Korunan Alanlarda Yeşil Yol Planlama Örnekleri. Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu, 8-10 Eylül 2005, SDÜ, Isparta, 209-217.
- Ayhan, Ç. K. 2007. Özgün Peyzaj Karakteristiklerine Sahip Mekanlara Yönelik Bir Peyzaj Planlama Yönteminin Ortaya Konulması: Bozcaada Örneği, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.
- Baltaş, A. ve Baltas, Z. 1987. *Başarılı ve Sağlıklı Olmak İçin Stres ve Başa Çıkma Yolları*. Remzi Kitapevi, İstanbul, 332p.
- Başal, M. 1998. *Doğalgaz-Yapracık Tesisleri Alan Kullanım Planlaması*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimsel İnceleme ve Araştırmalar Yayını, Ankara, 56p.
- Bucher, C.A. 1972. *Foundations of Physical Education*. Mosby Company, Saint Louis. 689p.
- Güney, A. ve Hepcan, Ş. 1994. Akarsu-Göl Kıyılarında Erozyon ve Peyzaj Onarımı. *Çevre Dergisi*, 12: 41-44.
- Gürbüz, E. 2021. Gemlik Körfezi kuzey kıyılarınin sürdürülebilir turizm ve rekreasyon planlama kapsamında değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.
- Harris, C. W. and Dines, N. T. 1988. *Time-Saver Standards for Landscape Architecture: Design and Construction Data*. McGraw-Hill Publishing Company, New York, 928p.
- Hattapoğlu, Z. 2004. Su Olgusunun Yerleşmeler Evrimindeki Yeri ve Günümüzde Bir Kentsel Tasarım Elemanı Olarak Yeniden Yorumlanması. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaküçük, S. 2014. *Rekreasyon: Boş Zamanları Değerlendirme*. Gazi Kitabevi, Ankara, 328p.
- Kocabaş, M., Kutluyer, F., Dursun, E., ve Gök, E. A. 2018. Rehabilitation of Streams, Rivers and Fish. *International Journal of Veterinary and Animal Research*, 1(3): 27-33.
- Koç, N. 1991. *Kırsal Rekreasyon Planlaması*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 463p.

- Koçan, N. 2012. Kızılcıhamam-Çamlıdere Jeoparkında Kırsal Peyzaj ve Rekreasyon Planlama. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 28(1):38-46.
- Korkut, A., Kiper, T. ve Topal, T. Ü. 2017. Kentsel Peyzaj Tasarımda Ekolojik Yaklaşımlar. *Artium Dergisi*, 5(1):14-26.
- Ozankaya, Ö. 1980. *Toplumbilim Terimleri Sözlüğü*. Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 191p.
- Önen, M. 2007. Kentsel Kıyı Mekânı Olarak Akarsuların Rekreasyonel Kullanım Potansiyelinin İrdelenmesi, Eskişehir Porsuk Çayı ve İstanbul Kurbağalı Dere Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı.
- Özkan, M. B. 2002. *Kırsal Rekreasyon Alan Planlaması*. Ege Üniversitesi Ders Notları, 52p.
- Pirselimoğlu, Z. 2007. Ekolojik Temelli Rekreasyon ve Turizm Planlama İlkelerinin Araştırılması: Trabzon İli Çalköyü Yayla Yerleşimi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı.
- Pirselimoğlu, Z. B., Çelik, A. Ç. ve Sökmen, T. 2019. Kültürel Peyzajların Kırsal Turizm ile Kullanım İlişkisinin Değerlendirilmesi: Cumalıkızık-Bursa Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(1):1-13.
- Salihoglu, G. ve Eleren, S. Ç. 2017. Bursa'da Tarım ve Çevre İlişkileri, 1960'tan 2015'e Bursa'nın Tarımsal Gelişimi, Ed.: Bircan, N., Mümin Ceyhan Bursa Kültür Kaynakları Araştırma Kütüphanesi, Dekupe Tanıtım A.Ş., Bursa, pp: 199-223.
- Şahin, H. 2020. Bursa Özlüce Bölgesi Geoteknik Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Geoteknik Anabilim Dalı.
- Şengül, E. 1995. Mimari-Su İlişkisi Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tekeli, E. 2016. Kentsel Dereler ve Peyzaj Onarımı: İstanbul Büyükçekmece Örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.
- Tezcan, M. 1982. *Sosyolojik Açından Boş Zamanların Değerlendirilmesi*. A.Ü. Yayını, Ankara, 232p.
- TÜİK 2021. Nilüfer Belediyesi Nüfus Verileri. <http://www.nilufer.gov.tr/tuik-verileri-aciklandi-2021-yili-ilcemiz-nufusu-518382-kisi> (Erişim Tarihi: 05.07.2021).
- Tülek, B. ve Barış, M. E. 2014. Kent İçi ve Yakın Çevresindeki Su Kıyısı Rekreasyon Alanlarının Ekolojik Kriterler Açısından Değerlendirilmesi: Mavi Göl Örneği. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 28(2): 13-26.
- Türk, Y. A. 2006. Bütünleşik Kent Planlama ve Tasarımına Yönelik Bir Yöntem. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı.
- Uçar, D. ve Doğru, A. Ö. 2005. CBS Projelerinin Stratejik Planlaması ve Swot Analizinin Yeri. 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan 2005, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- Ünal, H. ve Tümsavaş, Z. 2005. Toprak Frezesi Bıçaklarının Farklı Çalışma Hızlarındaki Aşınma Durumlarının İncelenmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 19(1): 51-62.



Kent Parklarında Kullanılan Odunsu Peyzaj Bitkileri Üzerine Etnobotanik Bir Araştırma^A

Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ^{1*}, Ş. Doğanay YENER²

Öz: Kentsel açık yeşil alan tasarımının vazgeçilmez elemanlarından biri olan bitkilerin çeşitli ekosistem hizmetlerini sağlama potansiyelleri vardır. Sahip oldukları görsel ve fonksiyonel özellikleri ile bitkiler; etkili tasarımlar yaratmak için kullanılırlar. Geçmişten günümüze insanlar ilaç, gıda, yakacak ve eşya yapımı gibi birçok farklı amaçlarla bitkilerden yararlanmaktadır. Bu bağlamda; insanların bitkiler ile ilişkisini ifade eden “etnobotanik” terimi; ekonomik, ekolojik ve kültürel bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Kent peyzajında gördüğümüz ve tanıdığımız birçok bitkinin etnobotanik kullanımı mevcut olup, bu bitkiler genellikle yöreye ve bölgeye özgü bitkiler olarak sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidirler. Bu amaçla, geçmişten günümüze birçok medeniyete ev sahipliği yapmış Bursa ilinde yer alan dört kent parkında mevcut odunsu bitkiler çalışmanın ana materyali olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında bu bitkilerin etnobotanik kullanımları irdelenmiştir. Sonuç olarak kent parklarında tespit edilen 117 taksonun etnobotanik kullanımlarının olduğu görülmüştür. Bu bitki taksonlarının özellikle tıbbi (% 89.74) ve gıda amaçlı (%70) kullanımlarının yaygın olduğu tespit edilmiştir. Kent parklarında kullanılan taksonların etnobotanik potansiyelinin yüksek olduğu göz önüne alındığında bu bitkilerin tanıtılması ve farkındalık yaratılması gerekli olmakla birlikte, sürdürülebilir tasarımların oluşturulmasına da katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Aynı zamanda etnobotanik kullanıma sahip bitkilerin kentsel yeşil alanlarda kullanımının yaygınlaştırılması, bu kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Odunsu Peyzaj Bitkileri, Kent Parkları, Etnobotanik, Bitki Kullanımı.

^A Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** : ¹ Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye, nilufers@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-6789-4473](https://orcid.org/0000-0001-6789-4473)

² Ş. Doğanay YENER, İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul, Türkiye, doganay@iuc.edu.tr, [OrcID 0000-0002-9229-3941](https://orcid.org/0000-0002-9229-3941)

An Ethnobotanical Research On Woody Landscape Plants Used In Urban Parks

Abstract: Plants are an essential component of urban green spaces, providing a range of ecosystem services. With their visual and functional properties, plants are used to create effective designs. Throughout history, plants have been used for various purposes, including medicine, food, fuel, and furniture. In this context, the term 'ethnobotany' expresses the relationship between people and plants as an economic, ecological, and cultural concept. Many plants in the urban landscape have ethnobotanical uses, making them important for sustainability as local and region-specific plants. The study focused on woody plants in four urban parks in Bursa province, which has hosted many civilizations from past to present, were determined as the main material of the study. The ethnobotanical uses of these plants were examined, revealing that 117 taxa found in the city parks have ethnobotanical uses. These plant taxa are primarily used for medicinal (89.74%) and food purposes (70%). Considering the high ethnobotanical potential of the taxa used in urban parks, it is necessary to introduce these plants and raise awareness, and it is predicted that it will contribute to the creation of sustainable designs. Additionally, the widespread use of ethnobotanical plants in urban green spaces will make important contributions to the transfer of this cultural heritage to future generations

Keywords: Woody Landscape Plants, Urban Parks, Ethnobotany, Plant Uses.

Giriş

Açık yeşil alanlar kent ekosisteminin ayrılmaz bir parçası olarak kentlerin sosyal ve kültürel yapısını destekleyen önemli unsurlardır. Kentlerin estetik ve mimari formunun güçlü bir elemanı olan açık yeşil alanlar, ekolojik bir öneme sahip olmalarının yanı sıra, kentlerin sağlıklı gelişmesini sağlarlar. Aynı zamanda kentleşme ve modern yaşamla birlikte bozulan doğal dengenin yeniden sağlanmasında ve sürdürülebilir olmasında etkin rol oynarlar (Barbosa ve ark., 2007; Ender Altay ve Pirselimoglu Batman, 2019; Yener ve İnal, 2022; Başay, 2022; Yüksek ve Esen, 2023). Açık yeşil alanların sürdürülebilirliği açısından peyzaj bitkilerinin önemi yadsınamaz. Yaşam kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olan bitkiler, insanların doğa ile iç içe olmasını sağlayarak onları psikolojik açıdan rahatlatır ve uygun ortamlar yaratırlar (Botkin ve Beveridge, 1997; Akdeniz, 2020; Çelik ve Zencirkıran, 2021; Yener ve İnal, 2022; Müdük ve Zencirkıran, 2023).

İnsanların çok eski zamanlardan beri bitkilerden sağlık sorunlarını çözmek, besin elde etmek, ısınmak, barınmak vb. şekillerde çok yönlü faydalandıkları bilinmektedir (Kendir ve Güvenç, 2010; Tefera ve Kim, 2019; Yüzbaşıoğlu ve ark., 2020). Bitki ve insanlar arasındaki bu etkileşim etnobotaniğin doğmasına neden olmuş ve ilk kez 1895 yılında J.W. Harshberger tarafından "İkel ve aborjin insanlar tarafından kullanılan bitkiler" adlı çalışmasında bir terim olarak dile getirilmiştir. Etnobotanik terimi kısaca "bitkilerin yerel halk tarafından kullanımı" olarak tanımlanmaktadır (Wickens, 1990; Yıldırım, 2004; Sharma ve Kumar, 2011; Albayrak, 2019; Kawarty ve ark., 2020). Etnobotanik bilim dalının odak noktası, bitkilerin insan toplumları tarafından nasıl ve ne

şekilde kullanıldığı olmakla birlikte, insan ve doğanın karmaşık etkileşiminden doğan tarihsel, coğrafi, kültürel, kültürler arası, ekonomik ve sosyal vb. yönlerini araştırmaktır (Choudhary ve ark., 2008; Bak ve Çiftçi, 2022).

Etnobotanik yalnızca botanik ve antropolojiyi değil; ekoloji, ekonomi, kamu politikası, farmakoloji, halk sağlığı gibi diğer disiplinleri de içine almaktadır (Paraguison ve ark., 2020). İnsanların bitkilerle olan ilişkilerinin ortaya konulmasında önemli olan etnobotanik, dünyadaki birçok toplum arasında yerel şifa sistemlerine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır (Abbas ve ark., 2021). Özellikle zengin bir flora sahip ülkemizin hemen hemen her yöresinde insanlar, kültürel ve sosyal yaşantıları içinde bitkilerden yakacak, el sanatları, eşya yapımı, ilaç ve kozmetik hammaddesi vb. gibi farklı şekillerde faydalanmaktadırlar (Yıldırım 2004; Kendir ve Güvenç, 2010; Tarakçı Eren ve Düzenli, 2017).

Bununla birlikte çok yönlü olarak faydalandığımız bitkilerin bir kısmının, aynı zamanda estetik ve işlevsel özellikleri ile peyzaj tasarım çalışmalarında da tercih edildiği görülmektedir (Eroğlu ve ark., 2005; Bayramoğlu ve ark., 2014; Yılmaz ve ark., 2019; Erken ve Çorbacı, 2022; Ender Altay ve Zencirkıran, 2024) Kent içerisinde bulunan parklar, otoyollar, şevler vb. birçok alanda karşılaştığımız peyzaj bitkilerinin birçoğu etnobotanik potansiyele sahiptir. Kentsel alanlarda kullanılan peyzaj bitkileri ile ilgili birçok alanda yapılan çalışmalar olmasına rağmen bu bitkilerin etnobotanik yönlerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma boşluğu olduğu gözlemlenmiştir. Etnobotanik mirasın gelecek nesillere tanıtılması ve farkındalık yaratılması ile birlikte peyzajda kullanılan bitkilerin etnobotanik değerlerinin belirlenmesi oldukça kıymetlidir. Bu noktadan yola çıkılarak gerçekleştirilen bu çalışmada; Türkiye'nin 4. büyük ili olan Bursa'nın merkez ilçelerinde yer alan ve kent halkının sıklıkla tercih ettiği kent parkları özelinde; odunsu peyzaj bitkileri etnobotanik yönden değerlendirilmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma materyalini Bursa ili merkez ilçelerinde (Orhangazi, Yıldırım, Nilüfer) bulunan kent parklarındaki odunsu bitki taksonları oluşturmaktadır. Bursa ili Marmara Bölgesi'nde, Marmara Denizi'nin güneydoğusunda dağ ile denizin birleştiği noktada yer almakta olup, 39° 35' – 40° 40' kuzey enlemleri ile 28° 10' – 30° 00' doğu boylamları arasında bulunur. Toplam yüzölçümü 10.819 km²'dir. Marmara Bölgesi'nin en önemli yükseltisi olan Uludağ'ın (2547 m) içinde bulunduğu Bursa ilinde Akdeniz iklim tipi hakim olup, yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Ortalama sıcaklık 14.4 °C, ortama nispi nem % 68.6 ve ortalama yıllık yağış 691.9 mm.'dir Doğal bitkiler açısından zengin bir il olan Bursa ili topraklarının yaklaşık % 40'ı ormanlarla kaplıdır. Kıyı kesimlerde makiler ve zeytinlikler egemenken, ormanların büyük ölçüde tahrip edildiği güney kesimdeki platolarda bitki örtüsü bozuktur. Alçak rakımlarda sıklıkla gürgen, ıhlamur, kestane ve kızılbaşaktan oluşan ormanlar yer alırken, yüksek kesimlerde kayın, meşe, göknar ve karaçam ormanları yer almaktadır (Zencirkıran, 2009; Zencirkıran ve Akdeniz, 2017; Çelik, 2020).

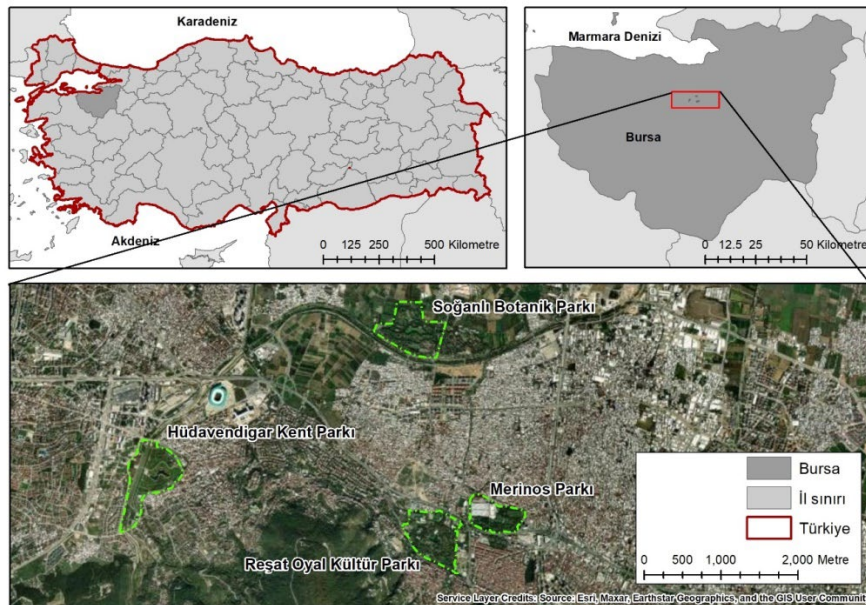
Araştırma kapsamında 4 kent parkı ele alınmıştır; (Şekil 1).

1. Reşat Oyal Kültürparkı: 1955 yılında kurulan park Bursa'nın ilk ve en eski kent parkıdır. Park Osmangazi ilçesinde Merinos, Kükürtlü ve Altıparmak mahallelerinin arasında yer almakta olup, 393.000 m²'lik bir alana sahiptir. Parkın içinde odak noktası olarak sandalla gezilebilen göl yer almakta olup, lunapark, çay bahçeleri, yeme içme mekanları ve dinlenme alanları ile Bursa Arkeoloji Müzesi, Konservatuar Binası, Açık Hava Tiyatrosu yer almaktadır (Çelik, 2020; Anonim, 2023a).

2. Merinos Parkı: Park; Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından kentsel dönüşüm projesi çerçevesinde 2006-2008 yılları arasında Sümerbank Bursa Merinos Fabrikası'nın arazisi üzerine kurulmuş olup, Bursa Osmangazi ilçesinin Merinos mahallesinde yer almaktadır. 252.500 m² yeşil alana sahip olan park; restoran, kafeterya, yürüyüş yolları, çocuk oyun alanları ile birlikte Merinos Atatürk Kongre ve Kültür Merkezi ve diğer sosyal tesisleri içerisinde barındırmaktadır (Çelik, 2020; Anonim, 2023b).

3. Soğanlı Botanik Parkı: Bursa Osmangazi ilçesinin Soğanlı mahallesinde İzmir-İstanbul çevreyolu üzerinde bulunan Soğanlı Botanik Parkı 1998 yılında hizmete açılmış olup, 400.000 m²'lik geniş bir alana sahiptir. Park alanı 1998 yılında 1. derece doğal sit alanı olarak ilan edilmiştir. Bitki taksonları bakımından oldukça zengin olan park içerisinde göletler, kafeler, yürüme ve gezinti yolları vb. bulunmakla birlikte çeşitli ülke bahçeleri, renk bahçeleri, şekilli bahçeler vb. farklı alanları da barındırmaktadır. Parkın güneyinde ise 17., 18. ve 19., yüzyıl Bursa evlerinin birebir uygulamasını görmek mümkündür (Çelik, 2020; Anonim, 2023c).

4. Hüdavendigâr Kent Parkı: Bursa'nın Nilüfer İlçesinde, Dikkaldırım ve Odunluk Mahalleleri arasında yer alan ve 2004 yılında yapılan park 510.000 m²'lik alanı ile en büyük kent parkı olma niteliğindedir. Nilüfer Çay'ını da içine alan park; dolgu ve ağaçlandırma çalışmaları ile oluşturulmuştur. Kentin içerisinde yeşil bir kuşak oluşturması amacıyla planlanan parka 5 binin üzerinde ağaç dikilmiştir. Park içerisinde biyolojik gölet, spor ve gezinti alanları, dinlenme alanları vb. birimler yer almaktadır (Çelik, 2020).



Şekil 1. Bursa Kent Parklarının Konumu

Yöntem

Bu çalışmada gözlem tekniği ve doküman analizi yöntemleri uygulanmıştır (Özdemir, 2010; Baltacı, 2019; Kırıl, 2020). Araştırmacının olguları değiştirmeden gözlemleyip kayıt etmesini sağlayan nitel araştırma yöntemi olan gözlem tekniği kapsamında kent parklarına ilkbahar (vejetasyon dönemi) aylarından kış aylarına kadar haftada bir defa gidilerek odunsu bitki taksonları gözlemlenmiş ve örnekler alınmıştır. Arazi çalışmaları sonrasında, basılı veya elektronik olarak kitap, tez, makale vb. belgelerin incelenmesi ve analiz edilerek değerlendirilmesi yöntemi olan doküman analizi yönteminden yararlanılmıştır. Bu kapsamda Davis, 1965-1988; Kayacık, 1980; Kayacık 1981; Kayacık, 1982; Yaltırık, 1991; Dirr, 1992; Pamay, 1992; Pamay, 1993; Yaltırık, 1993; Mataracı, 2002; Zencirkıran, 2009; ve Zencirkıran, 2013; Zencirkıran ve Akdeniz, 2017; Özkan ve Zencirkıran, 2021; Ender Altay ve Zencirkıran 2024'den yararlanılarak bitki tür teşhisleri gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte tespit edilen taksonların etnobotanik yönden kullanılan kısımları ve kullanım alanlarını tespit etmek amacıyla, Baytop, 1963; Güldaş, 2009; Aktan, 2011; Albayrak, 2019; Yüzbaşıoğlu ve ark., 2020; Çelik, 2020; Yener ve Ay Ak, 2021; Ekren ve Çorbacı, 2021; Bak ve Çiftçi, 2022; Yener ve İnal, 2022; Danna ve ark., 2022; Anonim, 2023d kaynaklarından yararlanılmıştır.

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde SPSS 28 (IBM, 2022) programı kullanılmış olup, frequencies (sıklık) ve tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Elde edilen değerlerin gruplandırılması, $p \leq 0.05$ önemlilik seviyesinde Duncan (1955) testinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Bursa İli Kent Parklarının Etnobotanik Kullanıma Sahip Bitkileri

Bursa ilinde yapılan çalışmada, 4 büyük kent parkında tespit edilen toplam 246 odunsu bitki taksonunun 117'sinin etnobotanik kullanımının olduğu belirlenmiştir. Bu bitkilerin parklarda bulunma durumlarına göre etnobotanik kullanım alanları ve bu amaçlarla kullanılan kısımları Çizelge 1'de irdelenmiştir

Çizelge 1. Bursa İli kent parklarında etnobotanik kullanıma sahip bitkiler

Taksonlar	Parklardaki Bulunma Durumları				Etnobotanik Kullanımları	Kullanılan Kısımları
	Hüdvendigar Kent Parkı	Soğanlı Botanik Parkı	Reşat Oyal Kütülparkı	Merinos Parkı		
<i>Abelia x grandiflora</i>	+	+	+	+	tıbbi	tohum
<i>Abies bornmuelleriana</i>		+	+	+	tıbbi, yakacak, süs	odun, yaprak, reçine
<i>Abies concolor</i>	+				tıbbi, yakacak, süs	yaprak, reçine
<i>Abies nordmanniana</i>	+	+			tıbbi, süs, eşya yapımı	yaprak, reçine, kozalak
<i>Acacia dealbata</i>			+		gıda, erozyon, boya	çiçek, gövde, meyve

Çizelge 1.'in devamı

Taksonlar	Parklardaki Bulunma Durumları				Etnotanik Kullanımları	Kullanılan Kısımları
	Hüdağendiğar Kent Parkı	Soğanlı Botanik Parkı	Reşat Oyal Kütülparkı	Merinos Parkı		
<i>Acer campestre</i>		+			tıbbi, gıda, yakacak, eşya yapımı, böcek kovucu,	odun, özsuju
<i>Acer negundo</i>		+	+		tıbbi, gıda, erozyon, böcek kovucu, diğler	iç kabuk, özsuju, yaprak
<i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	+	+	+		tıbbi, gıda, yakacak	odun, gövde, özsuju
<i>Acer platanoides</i>	+	+	+	+	gıda, boya	özsuju, kabuk
<i>Acer pseudoplatanus</i>		+	+		tıbbi, gıda	özsuju, kabuk, sap
<i>Acer rubrum</i>		+			gıda, kerestecilik	odun, özsuju
<i>Acer saccharinum</i>	+			+	gıda, mobilya	odun, özsuju
<i>Acer saccharum</i>		+			eşya yapımı	odun
<i>Aesculus hippocastanum</i>		+	+		tıbbi, gıda	çiçek, meyve, yaprak
<i>Agave americana</i>		+			tıbbi, tekstil	özsuju, yaprak, kök
<i>Ailanthus altissima</i>			+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya	odun, yaprak
<i>Albizia julibrissin</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda	çiçek, yaprak
<i>Alnus glutinosa</i>		+			tıbbi, mobilya, yem, eşya yapımı	odun, gövde, yaprak, dal, sürgün
<i>Berberis thunbergii</i> 'Atropurpurea'	+	+		+	tıbbi, gıda, erozyon	meyve, yaprak, kök
<i>Betula pendula</i>	+	+	+		tıbbi, gıda, yakacak, boya, mobilya, eşya yapımı, böcek kovucu	odun, yaprak, kabuk, dal, reçine
<i>Buxus sempervirens</i>	+	+	+	+	tıbbi, eşya yapımı	odun, yaprak, kabuk
<i>Campsis radicans</i>		+			tıbbi	kök
<i>Carpinus betulus</i>		+			tıbbi, boya, eşya yapımı	odun, yaprak, kabuk
<i>Catalpa bignonioides</i>		+	+		tıbbi	meyve, yaprak, kabuk
<i>Cedrus atlantica</i>	+	+	+	+	tıbbi, böcek kovucu	kabuk, yağ
<i>Cedrus deodara</i>	+	+		+	tıbbi, yakacak, mobilya	odun, yaprak, kabuk
<i>Cedrus libani</i>		+	+		tıbbi, yakacak, mobilya	odun, gövde, yaprak, kozalak
<i>Celtis australis</i>		+		+	tıbbi, gıda, boya	meyve, yaprak, kabuk, tohum
<i>Cercis siliquastrum</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda, mobilya	odun, çiçek, yaprak
<i>Chaenomeles japonica</i>			+		gıda	meyve
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Elwoodi'	+	+			tıbbi	reçine
<i>Chamaecyparis obtusa</i> 'Nana Gracilis'		+			tıbbi, parfüm, sabun-losyon yapımı, kozmetik	yaprak
<i>Chamaerops excelsa</i>			+		tıbbi, eşya yapımı	meyve, kabuk, kök
<i>Chamaerops humilis</i>			+		gıda	meyve, yaprak
<i>Corylus avellana</i>			+		tıbbi, gıda, yakacak, eşya yapımı	odun, yaprak, tohum, sürgün, kök
<i>Corylus maxima</i>		+			gıda	meyve
<i>Cotinus coggygria</i>	+	+			tıbbi, boya	yaprak, kabuk, genç sürgün
<i>Crataegus oxyacantha</i>		+			tıbbi, gıda	çiçek, meyve, yaprak

Çizelge 1.'in devamı

Taksonlar	Parklardaki Bulunma Durumları				Etnobotanik Kullanımları	Kullanılan Kısımları
	Hüdvendigir Kent Parkı	Soğanlı Botanik Parkı	Reşat Oyal Kültürparkı	Merinos Parkı		
<i>Cryptomeria japonica</i>		+			tıbbi, yakacak, mobilya	odun, reçine
<i>Cupressus sempervirens</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda, mobilya, böcek kovucu	odun, reçine, dişi çiçek, kozalak
<i>Diospyros kaki</i>			+		tıbbi, gıda, boya, mobilya, ahşap koruma, koku, diğer	odun, meyve, tohum
<i>Diospyros lotus</i>			+		tıbbi, gıda, boya	meyve
<i>Elaeagnus angustifolia</i>		+	+		tıbbi, gıda, eşya yapımı, arıcılık, parfüm	çiçek, meyve, yağ, tohum
<i>Elaeagnus pungens</i>	+		+	+	tıbbi, gıda, diğer	gövde, meyve, yaprak, tohum
<i>Eriobotrya japonica</i>			+		tıbbi, gıda	çiçek, meyve, yaprak
<i>Euonymus japonicus</i> 'Aurea'	+	+	+	+	tıbbi, gıda, boya	yaprak, kabuk
<i>Fagus sylvatica</i>	+	+			tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, eşya yapımı, diğer	odun, çiçek, kabuk, tohum
<i>Ficus carica</i>			+		tıbbi, gıda	meyve, yaprak
<i>Forsythia x intermedia</i>				+	gıda	çiçek
<i>Fraxinus angustifolia</i>	+		+		tıbbi	yaprak
<i>Fraxinus excelsior</i>		+	+		tıbbi, yakacak, mobilya, eşya yapımı	odun, gövde, yaprak, kabuk
<i>Ginkgo biloba</i>	+	+	+		tıbbi, gıda	meyve, yaprak, tohum
<i>Gleditsia triacanthos</i>	+				tıbbi, gıda	meyve, kabuk, tohum
<i>Hedera helix</i>			+		tıbbi, eşya yapımı	yaprak
<i>Hibiscus syriacus</i>	+	+	+		tıbbi, gıda, boya, şampuan	çiçek, yaprak
<i>Hydrangea macrophylla</i>	+		+		tıbbi, gıda	yaprak
<i>Ilex aquifolium</i>		+			tıbbi, gıda, hayvan yemi	meyve, yaprak
<i>Jasminum nudiflorum</i>		+		+	tıbbi	çiçek
<i>Juglans nigra</i>		+			gıda, mobilya	odun, tohum
<i>Juglans regia</i>			+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, eşya yapımı, böcek kovucu	odun, meyve, yaprak, tohum
<i>Juniperus sabina</i> 'Tamariscifolia'				+	tıbbi, böcek kovucu, parfüm	yaprak, genç sürgün
<i>Juniperus virginiana</i> 'Skyrocket'		+			tıbbi, gıda, mobilya, eşya yapımı, böcek kovucu	odun, yaprak
<i>Koelreuteria paniculata</i>			+		tıbbi, gıda	çiçek, meyve, yaprak, sürgün
<i>Lagerstroemia indica</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda	çiçek, yaprak, kabuk
<i>Laurocerasus officinalis</i>			+	+	tıbbi, gıda, böcek kovucu	meyve, yaprak, tohum
<i>Laurus nobilis</i>			+	+	tıbbi, gıda, yakacak, parfüm, losyon-sabun yapımı	odun, meyve, yaprak, tohum
<i>Ligustrum vulgare</i>			+	+	tıbbi, süs, boya	meyve, yaprak, dal

Çizelge 1.'in devamı

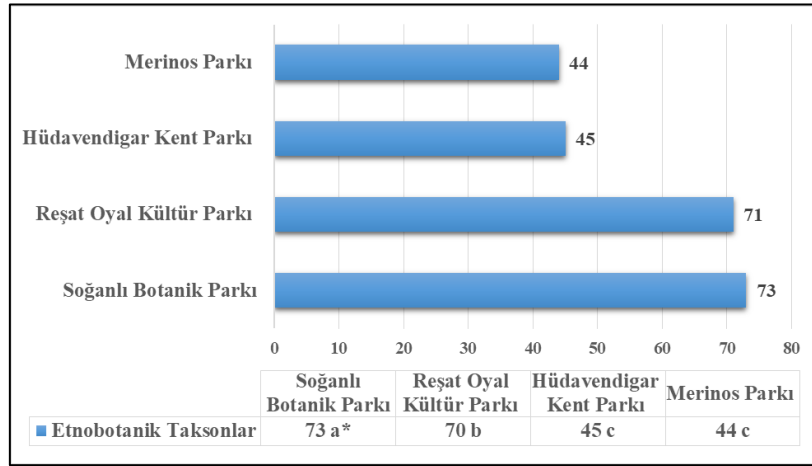
Taksonlar	Parklardaki Bulunma Durumları				Etnobotanik Kullanımları	Kullanılan Kısımları
	Hüdavendigâr Kent Parkı	Soğanlı Botanik Parkı	Reşat Oyal Kültürparkı	Merinos Parkı		
<i>Liquidambar styraciflua</i>	+	+		+	tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, parfüm, losyon-sabun yapımı	odun, reçine
<i>Liriodendron tulipifera</i>		+	+	+	tıbbi, gıda, mobilya	odun, kabuk, kök
<i>Lonicera</i> sp.			+		tıbbi, gıda, koku	çiçek, meyve, yaprak, tohum
<i>Magnolia grandiflora</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda, mobilya	odun, kabuk
<i>Malus floribunda</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda, yakacak	odun, meyve
<i>Melia azedarach</i>			+		tıbbi, gıda, eşya yapımı	meyve, yaprak
<i>Morus alba</i>		+	+		tıbbi, gıda	meyve, kabuk
<i>Morus nigra</i>			+		tıbbi, gıda, eşya yapımı	odun, meyve, yaprak
<i>Nerium oleander</i>	+	+		+	tıbbi	yaprak
<i>Olea europaea</i>			+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya	odun, meyve, yaprak, yağ
<i>Osmanthus aquifolium</i>		+			tıbbi, parfüm, kozmetik	çiçek
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>			+		tıbbi, gıda, boya	meyve, yaprak, kabuk, genç sürgün
<i>Picea orientalis</i>			+	+	tıbbi, gıda, yakacak, eşya yapımı, arıcılık	odun, gövde, dal, reçine
<i>Picea pungens</i>	+	+		+	tıbbi, gıda	tohum, erkek çiçek, dişi çiçek, genç sürgün
<i>Pinus mugo</i> 'Mughus'	+				tıbbi, parfüm, losyon-sabun yapımı, kozmetik, dezenfektan	yaprak, dal, sürgün
<i>Pinus nigra</i>	+		+	+	tıbbi, yakacak, mobilya, eşya yapımı	odun, kozalak
<i>Pinus pinea</i>	+		+	+	tıbbi, gıda, yakacak, süs	odun, yağ, tohum, kozalak
<i>Pinus sylvestris</i>				+	tıbbi, yakacak, süs, eşya yapımı	odun, özsuğu, kozalak
<i>Pinus wallichiana</i>	+	+			tıbbi, gıda	reçine, tohum
<i>Platanus orientalis</i>	+		+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya	odun, meyve, yaprak
<i>Platycladus orientalis</i>	+				tıbbi, boya, tütsü	odun, tohum, genç sürgün
<i>Populus alba</i>			+		tıbbi, gıda, erozyon, boya	gövde, iç kabuk, kabuk
<i>Populus nigra</i>			+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, kerestecilik	odun, yaprak, kabuk, dal, tomurcuk
<i>Prunus cerasifera</i> 'Atropurpurea'	+	+	+	+	gıda	meyve
<i>Prunus persica</i>		+	+		tıbbi, gıda, boya, koku giderici	meyve, yaprak
<i>Punica granatum</i>		+	+		tıbbi, gıda, boya, parfüm, diğer	çiçek, meyve, tohum
<i>Pyracantha coccinea</i>		+		+	tıbbi, gıda	meyve, kök
<i>Quercus ilex</i>	+	+			tıbbi, gıda	odun, kabuk, tohum

Çizelge 1.'in devamı

Taksonlar	Parklardaki Bulunma Durumları				Etnotanik Kullanımları	Kullanılan Kısımları
	Hüdavendigâr Kent Parkı	Soğanlı Botanik Parkı	Reşat Oyal Kültürparkı	Merinos Parkı		
<i>Quercus robur</i>	+	+	+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, eşya yapımı	odun, kabuk, tohum
<i>Quercus rubra</i>		+		+	tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, eşya yapımı	odun, kabuk, tohum
<i>Robinia pseudoacacia</i>		+	+		tıbbi, gıda, yakacak, mobilya, eşya yapımı	odun, çiçek
<i>Rosa sp.</i>	+		+	+	tıbbi	çiçek
<i>Rubus fruticosus</i>				+	tıbbi, gıda	gövde, meyve, dal, sürgün
<i>Salix babylonica</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda, mobilya, eşya yapımı, arıcılık	odun, yaprak, kabuk
<i>Salix caprea</i>	+	+			tıbbi, gıda, eşya yapımı	odun, iç kabuk, yaprak, kabuk, sürgün, genç sürgün
<i>Salix nigra</i>			+		tıbbi, gıda, mobilya, eşya yapımı	odun, yaprak, kabuk
<i>Sambucus nigra</i>			+		tıbbi, gıda, eşya yapımı, böcek kovucu, koku	gövde, meyve, yaprak, dal
<i>Sorbus aucuparia</i>		+			tıbbi, gıda, boya, deri tabaklama	meyve, yaprak, kabuk
<i>Syringa vulgaris</i>		+		+	tıbbi, koku	çiçek, kabuk
<i>Tamarix gallica</i>		+			tıbbi, gıda, eşya yapımı	çiçek, gövde, kabuk, dal
<i>Taxus baccata</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda, mobilya, eşya yapımı	odun, meyve, yaprak
<i>Thuja plicata</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda	iç kabuk, yaprak, dal, reçine, tomurcuk
<i>Tilia argentea</i>	+	+	+	+	tıbbi, gıda	çiçek, meyve, yaprak
<i>Viburnum lucidum</i>			+		tıbbi, gıda, eşya yapımı	gövde, meyve, yaprak, dal
<i>Viburnum opulus</i>		+		+	tıbbi, gıda	meyve, kabuk
<i>Viburnum tinus</i>		+		+	tıbbi	meyve, yaprak
<i>Vitis vinifera</i>			+		tıbbi, gıda	meyve, yaprak
<i>Washingtonia robusta</i>		+			gıda, eşya yapımı	gövde, meyve, yaprak
<i>Wisteria sinensis</i>		+	+	+	tıbbi, gıda	çiçek, yaprak
<i>Yucca filamentosa</i>		+	+		tıbbi, losyon-sabun yapımı	kök

Etnobotanik Kullanıma Sahip Bitkilerin Bursa İli Parklarındaki Dağılımı

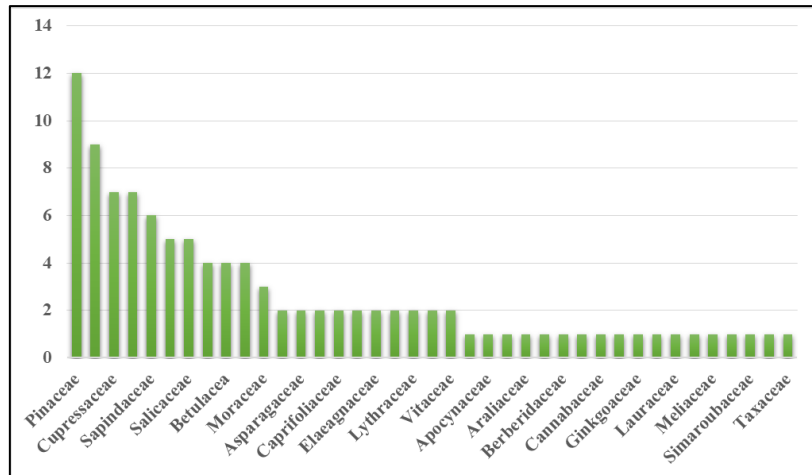
Bursa ili kent parkı bitkilerinden etnobotanik kullanıma sahip olanların parklara göre dağılımları tek yönlü varyans analizine göre değerlendirilmiş olup $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli farklılıkların olduğunu görülmüştür. Buna göre etnobotanik kullanıma sahip bitkiler açısından en zengin parkın 73 bitki taksonu ile Soğanlı Botanik Park olduğu belirlenmiştir. İkinci sırada 71 bitki taksonu ile Reşat Oyal Kültürparkı gelmektedir. Hüdavendigar Parkı'nda etnobotanik kullanıma sahip 45, benzer şekilde Merinos Kent Parkı'nda ise 44 bitki taksonu olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Etnobotanik Kullanımı Olan Bitkilerin Kent Parklarındaki Dağılımı
(*Harfler $P \leq 0,05$ Seviyesinde Farklı Grupları Göstermektedir).

Bursa İli Kent Parklarının Etnobotanik Kullanıma Sahip Bitkilerinin Familyalarına Göre Dağılımları

Bursa ili kent parklarında yer alan ve etnobotanik kullanım alanına sahip bitkiler buldukları familyalar açısından değerlendirildiğinde; en çok bitkinin Pinaceae familyasında yer aldığı görülmektedir. Onu takiben Cupressaceae familyası ve üçüncü sırada da Sapindaceae familyası gelmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Etnobotanik Kullanımı Olan Odunsu Bitkilerin Familyalara Göre Dağılımları

Çizelge 2. Kent Parklarında kullanılan taksonların etnobotanik kullanım alanları

Kullanım alanı	Takson	Kullanım alanı	Takson
Tıbbi	105 a*	Parfüm	8 h
Gıda	82 b	Süs	6 i
Eşya yapımı	31 c	Koku	5 ij
Mobilya	28 d	Losyon – Sabun	5 ij
Yakacak	26 e	Erozyon	4 k
Boya	17 f	Kozmetik	3 kl
Diğer	11 g	Arıcılık	3 kl
Böcek kovucu	10 g	Kereste	2 l

* Harfler $p \leq 0,05$ Seviyesinde Farklı Grupları Göstermektedir.

Bursa İli Kent Parkları Bitkilerinin Tıbbi Kullanım Amaçları

Bursa ili kent parklarındaki tıbbi olarak kullanılan odunsu bitki taksonlarının kullanım amaçları detaylı incelendiğinde en fazla 49 bitki taksonu ile (% 42) bağırsak, sindirim ve mide hastalıklarının tedavisi amaçlı kullanıldıkları görülmektedir. 34 (% 29) bitki taksonunun ise soğuk algınlığı ve diğer akciğer hastalıklarının tedavisi için kullanıldığı tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla 23 bitki taksonunun (% 20) cilt hastalıklarının ve 22 bitki taksonunun (% 19) ise idrar yolu tedavisinde kullanıldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde 20 bitki taksonunun (% 17) ise romatizma tedavisinde kullanıldığı görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kent Parklarında kullanılan taksonların tıbbi kullanım amaçları

Tıbbi kullanım	Takson (%)	Tıbbi kullanım	Takson (%)
Bağırsak, sindirim, mide rahatsızlıkları	42	Hemoroid	5
Soğuk algınlığı, akciğer hastalıkları	29	Saç hastalıkları	5
Cilt hastalıkları	20	Ağrı kesici	5
İdrar yolu tedavisi	19	Bağışıklık	4,2
Romatizma	17	Zührevi hastalıklar	4,2
Ateş düşürücü	14	Hafıza güçlendirici	4,2
Yara tedavisi	12	Kadın hastalıkları	4,2
Böbrek hastalıkları	12	Kusma	3
Kolestrol düzenleyici/kan düzenleyici	11	Migren, beyin, felç	3
Mikrop öldürücü	8,5	Gut	2,5
Kırık çıkık ve eklem ağrıları tedavisi	8,5	Uykusuzluk	2,5
Diş hastalıkları	8	Terleme artırıcı	2,5
Şeker hastalığı	8	Dolaşım	2,5
Kalp hastalıkları	8	Karaciğer	2,5
Kanser tedavisi	7	Kanama durdurucu	2
Sakinleştirici	7	Guatr	2
Göz rahatsızlıkları	5	Uykusuzluk	0,8

Tartışma ve Sonuç

Kentsel yeşil alanların düzenlenmesinde estetik ve işlevsel özellikleri ile çok büyük katkıları olan bitkilerin aynı zamanda çok eski zamanlardan beri halk tarafından sağlık, ilaç, yakacak vb. şeklinde kullanıldıkları bilinmektedir. Etnobotanik kullanıma sahip olan bu bitkiler yöreye veya bölgeye ait bitkiler olarak kent ekolojisine de katkı sağlarlar. Bursa ili kent parkları örneğinde gerçekleştirilen bu çalışmada Bursa'da bulunan 4 kent parkındaki odunsu bitki taksonları ele alınmıştır. Buna göre kent parklarında tespit edilen 246 taksonun 117'sinin etnobotanik potansiyele (% 47.56) sahip olduğu görülmektedir. 73 bitki taksonu ile Soğanlı Botanik Park etnobotanik kullanıma sahip bitki taksonunun en fazla bulunduğu kent parkı olduğu tespit edilmiştir. Familyalar açısından bu bitkiler değerlendirildiğinde; en çok bitkinin Pinaceae familyasında yer aldığı görülmektedir. En çok kullanılan bitki kısımları bakımından değerlendirildiğinde bu bitkilerden 65'inin (%55) yapraklarının kullanıldığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanında tespit edilen taksonların etnobotanik kullanım alanları bakımından ve $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli farklılıkların olduğu görülmüş ve de en önemli kullanım alanlarının başında tıbbi amaçlı kullanımların geldiği belirlenmiştir. Toplam 117 bitki taksonununun 105'inin (% 89.74) tıbbi amaçla kullanıldığı görülürken, 82 (% 70) bitki taksonunun da gıda amaçlı kullanımı olduğu dikkat çekmektedir. Bununla birlikte tıbbi olarak kullanılan taksonların kullanım amaçları incelendiğinde 49 bitki taksonu ile (% 42) bağırsak, sindirim ve mide hastalıklarının tedavisi amacıyla kullanıldıkları görülürken, 34 (% 29) bitki taksonunun ise soğuk algınlığı ve diğer akciğer hastalıklarının tedavisi için kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca etnobotanik kullanımı olan taksonlardan *Abies bornmulleriana*, *Cercis siliquastrum* ve *Viburnum opulus* gibi bazı taksonların ise Bursa'nın doğal florası içerisinde yer alan taksonlar olduğu dikkat çekmektedir. Etnobotanik kullanıma sahip taksonlardan *Abelia x grandiflora*, *Acer platanoides*, *Buxus sempervirens*, *Cercis siliquastrum*, *Magnolia grandiflora* ve *Malus floribunda* vb. taksonlar 4 kent parkında da yer almaktadır.

Benzer şekilde Erken ve Çorbacı (2021), Rize kenti açık yeşil alanlarında bulunan bitkilerin genellikle tıbbi ve gıda amaçlı kullanıldıkları belirtirken, kente kimlik kazandıran doğal bitkilerin etnobotanik kullanıma sahip oldukları ve yerel kültürün devamlılığının sağlanması açısından önemli olduğunu belirtmektedir. Yener ve İnal (2022) ise Marmara Bölgesi'nde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, yörenin doğal bitkileri ile estetik ve de aynı zamanda sürdürülebilir peyzaj düzenlemeleri oluşturulabileceğini vurgulamışlardır.

Etnobotanik kullanıma sahip bitkilerin odun, yaprak, meyve, çiçek gibi farklı kısımlarından tıbbi, gıda, yakacak, odun vb. farklı şekillerde yararlanıldığı bilinmektedir. Gıda amaçlı olarak bitkiler çoğunlukla taze, pişmiş, kurutulmuş veya dondurulmuş olarak reçel, marmelat veya çay vb. şekillerde tüketilmektedir (Kadioğlu ve ark., 2021; Ahmad ve ark., 2011). Tıbbi amaçlı olarak ise kırsal alanlarda çevrede yetişen bitkiler kullanılırken, kentlerde ise droglar şeklinde kullanımların olduğu görülmektedir. Örneğin; *Platanus orientalis*'in kabuk ve yapraklarının ateş düşürücü ve antiseptik olarak, *Buxus sempervirens*'in saç çıkartıcı olarak ve *Morus alba*'nın kan yapıcı olarak kullanılabildiği bildirilmiştir (Kendir ve Güvenç, 2010; Deniz ve ark., 2010; Kocabaş ve ark., 2016).

Chohra ve Ferchichi (2019); Yüzbaşıoğlu ve ark., (2020); Erken ve Çorbacı, (2021); Dewi ve ark., (2023) tarafından yapılan farklı araştırmalarda bitkilerin etnobotanik olarak kullanımında çoğunlukla yapraklar olmak üzere çiçek, meyve, gövde vb. diğer kısımlarının kullanıldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte Dewi ve ark. (2023), Nicosia ve ark. (2022), Danna ve ark. (2022) ve Erken ve Çorbacı (2021) ise etnobotanik yönü olan bitkilerin gıda ve tıbbi (medikal) amaçlı kullanımların yaygın olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca bitki taksonlarının tıbbi kullanımlarında ağırlıklı olarak sindirim sistemi, solunum yolu rahatsızlıkları, çeşitli patolojik hastalıklar, dermatolojik rahatsızlıkların tedavilerinde kullanımlarının bulunduğunu belirtmişlerdir.

Sonuç olarak kent halkının sıklıkla ziyaret ettiği Bursa ili kent parklarında kullanılan bitkilerin görsel ve işlevsel amaçlı kullanımlarının yanı sıra etnobotanik açıdan da önemli kullanımlarının olduğu görülmektedir. Kent parklarında kullanılan odunsu peyzaj bitkilerinden etnobotanik potansiyele sahip olan taksonlara farkındalık yaratılması oldukça önemlidir. İnsan-bitki ilişkisinin farklı bir bakış açısı ile geliştirilmesi amacı ile parklardaki bitkilere, kullanım amaçları ve de kullanılan kısımları gibi etnobotanik özelliklerinin de yer aldığı etiketlerin yerleştirilmesi uygun olacaktır. Böylelikle peyzaj düzenlemelerinde sıklıkla kullanılan bitkilerin farklı kullanım alanlarının olduğu bilgisinin nesilden nesile geçmesi sağlanacaktır. Bu bilgilerin gelecek nesillere aktarımlarının sağlanması ise kültürel mirasımıza sahip çıkmamız adına oldukça önemli bir adım olacaktır. Ülkemizin doğal bitki varlığının ne denli zengin olduğu düşünülecek olursa, kentlerde kullanılan bitkilerin etnobotanik özelliklerinin ortaya konduğu başkaca çalışmaların teşvik edilmesi ve yapılması kültürel mirasımızın daha yakından tanınması ve yaygınlaştırılması açısından etkili olacaktır. Etnobotanik potansiyele sahip bu bitkiler genellikle bölgenin ve yörenin doğal florasında olan türler olduğu düşünöldüğünde bu ve benzeri çalışmalar ile, sürdürülebilir tasarımların yaratılması için doğal bitki zenginliğinin belirlenmesi ve kaydedilmesine ışık tutulması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada etik kurul izni gerekli değildir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Makaleyi hazırlayan yazarlar eşit oranda katkı sağlamış olup yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abbas, Z., Kousar, S., Aziz, M.A., Pieroni, A., Aldosari, A.A., Bussmann, R.W., Raza, G. and Abbasi, A.M. 2021. Comparative assessment of medicinal plant utilization among balti and shina communities in the periphery of Deosai National Park, Pakistan. *Biology*, 10 (5): 434. <https://doi.org/10.3390/biology10050434>
- Ahmad, I., Ibrar, M. and Barkatullah, A.N. 2011. Ethnobotanical study of Tehsil Kabal, Swat District, KPK, Pakistan. *Journal of Botany*, 2011: 1-9. <https://doi.org/10.1155/2011/368572>

- Akdeniz, N.S. 2020. Woody landscape plants used in the design of hospital gardens and their sensory effects on users. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22 (1): 47-62
- Aktan, T. 2011. Yenişehir (Bursa) Köylerinin Etnobotanik Özellikleri, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Albayrak, N.B. 2019. Orhaneli Ve Büyükorhan (Bursa) İlçelerinde Etnobotanik Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Anonim, 2023a. Reşat Oyal Kültür Parkı. https://tr.wikipedia.org/wiki/Re%C5%9Fat_Oyal_K%C3%BClt%C3%BCr_Park%C4%B1 (Erişim Tarihi: 10.08.2023).
- Anonim, 2023b. Merinos Parkı. https://tr.wikipedia.org/wiki/Merinos_Park%C4%B1 (Erişim Tarihi: 10.08.2023).
- Anonim, 2023c. Soğanlı Botanik Parkı. https://tr.wikipedia.org/wiki/Bursa_Botanik_Park. (Erişim Tarihi: 10.08.2023).
- Anonim, 2023d. Kocaeli Bitkileri. <https://kocaelibitkileri.com>. (Erişim Tarihi: 12.01.2024).
- Bak, F.E. ve Çiftçi, K. 2022. Artvin'in merkez köylerindeki bazı bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 50-62.
- Baltacı, A. 2019. The qualitative research process: how to conduct a qualitative research? *Ahi Evran University. Journal of Social Sciences Institute (AEÜSBED)*, 5 (2): 368-388.
- Barbosa, O., Tratalos, J.A., Armsworth, P.R., Davies, R.G., Fuller, R.A., Johnson, P. and Gaston, K.J. 2007. Who be-nefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. *Landscape and Urban Planning*, 83: 187-195.
- Başay, S. 2022. Sürdürülebilir yaşam için kentlerde yetiştiricilik alternatifleri. Ziraat & orman, su ürünlerinde araştırma ve değerlendirmeler. Gece Kitaplığı, Ed.: Bolat, A., Çavuş, V. Ankara. Bölüm 15. s: 275-287.
- Bayramoğlu, E., Özdemir, B. ve Demirel, Ö. 2014. Gürültü kirliliğinin kent parklarına etkisi ve çözüm önerileri: Trabzon kenti örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 4 (9): 35-42.
- Baytop, T. 1963. Türkiye'nin Tıbbi Ve Zehirli Bitkileri. İ. Ü. Eczacılık Fakültesi Yay No: 1039, İstanbul.
- Botkin, D.B. and Beveridge, C.E. 1997. Cities as environments, *Urban Ecosystems*, 1: 247-298.
- Choudhary, K., Singh, M. and Pillai, U. 2008. Ethnobotanical survey of Rajasthan - An Update. *American-Eurasian. Journal of Botany*, 1 (2): 38-45
- Çelik, B.H. 2020. Bursa kent parkları tasarım bitkilerinin toksikolojik özellikleri üzerine bir araştırma. B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 268 s.
- Çelik, B.H. ve Zencirkıran, M. 2021. A research on toxicological properties of Bursa City Parks's design plants. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23 (2): 446-464,
- Chohrai, D. ve Ferchichi, L. 2019. Ethnobotanical study of Belezma National Park (BNP) plants in Batna: East of Algeria. *Acta Scientifica Naturalis*, 6 (2): 40-54

- Danna, C., Poggio, L., Smeriglio, A., Mariotti, M. and Cornara, L. 2022. Ethnomedicinal and ethnobotanical survey in the aosta valley side of the Gran Paradiso National Park (Western Alps, Italy). *Plants*, 11 (170): 1-55.
- Davis, P. H. 1965-1988. Flora Of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press. Volume 1-10. Edinburgh.
- Deniz, L., Serteser, A. ve Kargioğlu, M. 2010. Uşak Üniversitesi ve yakın çevresindeki bazı bitkilerin mahalli adları ve etnobotanik özellikleri. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2010-01: 57-72
- Dewi, A.P., Peniwidiyanti, P. Hariri, M.R., Hutabarat, R.P.W., Martiansyah, I., Lailaty, I.Q., Munawir, A., Giri, M.S. and Ambarita, E. 2023. Ethnobotany of food, medicinal, construction and household utilities producing plants in Cikaniki, Gunung Halimun Salak National Park, Indonesia. *Journal of Mountain Science*, 20 (1): 163-181
- Dirr, M. A. 1992. Manual Of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture Propagation and Uses. Varsity Press
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 (1): 1-42.
- Ekren, E. ve Çorbacı, Ö.L. 2021. Etnobotanik kullanım olanakları üzerine bir araştırma: Rize kentsel açık yeşil alanlar örneği. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 6(4): 487-497.
- Erken, E. ve Çorbacı, Ö.L. 2022. Kahramanmaraş Kentsel Açık Yeşil Alanlarında Kullanılan Bitki Materyalinin Değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18 (1):25-50.
- Ender Altay, E. Pirselimoğlu Batman, Z. 2019. Açık ve yeşil alanların çok ölçütlü algı değerlendirmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3): 655-664.
- Ender Altay, E. ve Zencirkıran, M. 2024. Contributions of native plants to the urban ecosystem: Bursa (Turkey) sample. *TEMA - Journal of Land Use, Mobility, and Environment*, Special Issue 1: 191-204.
- Eroğlu, E., Akıncı Kesim, G. ve Müderrisoğlu, H. 2005. Düzce kenti açık ve yeşil alanlarındaki bitkilerin tespiti ve bazı bitkisel tasarım ilkeleri yönünden değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (3) 270-277.
- Güldaş, N. 2009. Adıyaman İlinde Etnobotanik Değer Olan Bazı Bitkilerin Kullanım Alanlarının Tespiti. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- IBM SPSS Statistics 2022. Version 28. Armonk, NY: IBM Analytics.
- Kadioğlu, S., Kadioğlu, B. Dizikisa, T. ve Karagöz Sezer, K. 2021. Doğal olarak yetişen ve halk tarafından kullanılan yabancı bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Muş Alparslan Üniversitesi Tarımsal Üretim ve Teknolojileri Dergisi*, 1(1): 39-50.
- Kayacık, H. 1980. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, I. Cilt, Gymnospermae (Açık Tohumlar), İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2642, O.F. Yayın No: 281, İstanbul. 388 sayfa.

- Kayacık, H. 1981. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematigi, II. Cilt, Angiospermae (Kapalı Tohumlar), İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2766, O.F. Yayın No: 287, İstanbul. 224 sayfa.
- Kayacık, H. 1982. Orman Park ve Ağaçlarının Özel Sistematigi, III. Cilt, Angiospermae (Kapalı Tohumlular), İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3013, O.F. Yayın No: 321, İstanbul. 353 sayfa
- Kendir, G. ve Güvenç, A. 2010. Etnobotanik ve Türkiye’de yapılmış etnobotanik çalışmalara genel bir bakış. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 30 (1): 49-80.
- Kıral, B. 2020. Document analysis as a qualitative data analysis method. *Journal of Social Sciences Institute*, 8(15): 170-189.
- Kocabaş, Y.Z., Çömlekçioğlu, N. ve İlçim, A. 2016. Bazı odunsu bitki türlerinin Kahramanmaraş il merkezi öleşğinde etnobotanik yönleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12 : 60-69.
- Kawarty, A.M.A., Behçet, L. ve Çakıloğlu, U. 2020. An ethnobotanical survey of medicinal plants in in Ballakayati (Erbil, North Iraq), *Turkish Journal of Botany*, 44 (3): 345-357.
- Mataracı, T. 2002. Ağaçlar. Marmara Bölgesi Doğal Egzotik Ağaç Ve Çalıları. Tema yayınları. 371s.
- Müdük, M. ve Zencirkıran, M. 2023. Bursa İli Mudanya İlçesi aktif yeşil alanları üzerine bir araştırma. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1): 129-144.
- Nicosia, E., Valenti, R., Guillet, A., Mondlane, T.D.S.M., Malatesta, L. and Lincei, R. 2022. An ethnobotanical survey in the Limpopo National Park, Gazaprovince, Mozambique: traditional knowledge related to plant use. *Scienze Fisiche e Naturali*, 33: 303-318
- Özdemir, M. 2010. Qualitative data analysis: a study on methodology problem in social sciences. *Eskişehir Osmangazi University Journal of Social Sciences*, 11 (1): 323 - 343,
- Özkan, E. ve Zencirkıran, M. 2021. Gebze-Orhangazi-İzmir otoyolunun peyzaj bitkilerinin değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak.Derg.*, 36 (1): 87-102
- Pamay, B. 1992. Plant Material I: Trees and Shrubs. Uycan Press. İstanbul. 80p.
- Pamay, B. 1993. Plant Material II: Woody Origins, Flowering Shrubs, Vines, Cacti and Succulent Plants, Reeds. Orhan Press. İstanbul.128 p.
- Paraguison, L.D.R., Tandang, D.N. and Alejandro, G.J.D. 2020. Medicinal Plants used by the Manobo Tribe of Prosperidad, Agusan Del Sur, Philippinesan Ethnobotanical Survey. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 9 (3): 326-333.
- Sharma, H. and Kumar, A. 2011. Ethnobotanical studies on medicinal plants of Rajasthan (India): A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (7): 1107-1112.
- Söukand, R. and Raivo, K. 2010. Herbal landscape: the perception of landscape as a source of medicinal plants. *Trames: A Journal of the Humanities and Social Sciences*, 14: 207

- Souilah, N., Miara, M.D., Bendifc, H., Medjroubia, K. and Djamel, N.M. 2021. Traditional ethnobotanical knowledge on medicinal plants used by the populations in Central Russikada (Northeastern Algeria). *Journal Of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 28 (1): 15-35.
- Tarakçı Eren, E. ve Düzenli, T. 2017. Determination of the visual preference levels and perceptual differences in the appearance of certain taxa in different seasons, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (12B): 8304-8315.
- Tefera S.N. and Kim, Y.D. 2019. Ethnobotanical study of medicinal plants in the Hawassa Zuria District, Sidama zone, Southern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15 (25): 1-21.
- Wickens, G. E. 1990. What is Economic Botany?, Economic Botany, The New York Botanic Garden Press, Bronx, 44 (1): 12-28.
- Yaltrık, F. 1991. Bazı Yapraklı Ağaç ve Çalılıkların Kışın Tanınması (Uygulama Kılavuzu), Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın No: 5, İstanbul
- Yaltrık, F. 1993. Dendroloji Ders Kitabı II - Angiospermae (Kapalı Tohumlular). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Vol. I. İstanbul.
- Yıldırım, Ş., 2004. Etnobotanik ve Türk Etnobotaniği, *Kebikeç*, 17: 175-193.
- Yılmaz, S., Tarakçı Eren, E. ve Alpak, E.M. 2019. Peyzaj Tasarımında Estetik. 34 th International Symposium on Innovative Approaches in Architecture, Planning and Design November 22-24, 2019, Samsun, Turkey. SETSCI Conference Proceedings 4 (7), 61-65.
- Yener, D. ve İnal, Ö. 2022. Kent peyzajına ekolojik bir yaklaşım - etnobotanik kullanıma sahip bitkiler: Marmara Bölgesi Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13 (1): 93-104
- Yener, D. ve Ay Ak, B.R. 2021. Doğu Anadolu Bölgesi'nin etnobotanik kullanımı olan bazı bitkilerin peyzaj düzenlemelerinde kullanım olanakları. *Eurasian Journal of Forest Science*, 9 (3): 92-106.
- Yüksek, İ. ve Esen, Y. 2023. İzmir İli, Çiğli ilçesinin mevcut ve imar uygulama planındaki açık yeşil alan yeterliliğinin irdelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11: 264-275
- Yüzbaşıoğlu, E., Tütenocaklı, T. ve Uysal, I. 2020. Reşadiye (A6, Tokat) ve çevresindeki bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (2): 420-432
- Zencirkıran, M. 2009. Determination of native woody landscape plants in Bursa and Uludag. *African Journal of Biotechnology*, 8 (21): 5737-5746
- Zencirkıran, M. 2013. Peyzaj Bitkileri I. (Açık Tohumlu Bitkiler-Gymnospermae). 1. Basım. Nobel Akademik Yayıncılık. Yayın No:605, Ankara. 475 s.
- Zencirkıran, M., Akdeniz, N.S., 2017. Evaluation of woody plant taxons in the bursa urban parks in terms of ecological tolerance criteria. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19 (2):25-35.



Rhynchosporium commune'ye Karşı Konukçu Dayanıklılığı^A

Şükriye YILDIRIM¹, Arzu ÇELİK OĞUZ^{2*}

Öz: *Rhynchosporium commune*, arpa (*Hordeum vulgare*), diğer *Hordeum* türlerinde ve *Bromus diandrus* üzerinde yaprak lekesi hastalığına neden olan haploid bir fungustur. Dünya çapında tüm ılıman yetiştirme bölgelerinde bulunmakta ve ekonomik açıdan en önemli arpa patojenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Hastalığın kontrolünde en etkili ve sürdürülebilir yöntem dayanıklı çeşit kullanımıdır. Patojen ticari çeşitlerde kullanılan dayanıklılık genlerine karşı yeni virüent genotiplerini geliştirme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, markör destekli seleksiyon yolu ile farklı lokusların (niteliksel veya niceliksel) tanılanması ve piramitlenmesi dayanıklılık ıslahı açısından oldukça önemlidir. Bu derleme ile patojenin genetik varyasyonu, konukçu-patojen etkileşimi, dayanıklılıkta rol oynayan genler, yerel ve yabancı çeşitlerde *R. commune* dayanıklılığı ve ülkemizde *R. commune* konukçu dayanıklılığı üzerine geçmişten günümüze yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Rhynchosporium commune*, Arpa yaprak lekesi hastalığı, *Hordeum vulgare*, Dayanıklılık.

Host Resistance to *Rhynchosporium commune*

Abstract: *Rhynchosporium commune* is a haploid fungus that causes scald on barley (*Hordeum vulgare*), other *Hordeum* species and *Bromus diandrus*. It is found in all temperate growing regions of the world and is considered one of the most economically important pathogens of barley. The most effective and sustainable method of controlling the disease is the use of resistant cultivars. The pathogen has the ability to evolve new

^A Bu derleme, Doç. Dr. Arzu Çelik Oğuz danışmanlığında Şükriye Yıldırım'ın yüksek lisans seminerinden hazırlanmıştır. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır ve etik kurul izni gerekmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Arzu Çelik Oğuz (Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Gümüşdere yerleşkesi, Keçiören, Ankara, Türkiye) acelik@agri.ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0906-6407](https://orcid.org/0000-0002-0906-6407)

¹ Şükriye Yıldırım (Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Gümüşdere yerleşkesi, Keçiören, Ankara, Türkiye) yildirim-sukriye@hotmail.com, [OrcID 0009-0007-2169-9729](https://orcid.org/0009-0007-2169-9729)

virulent genotypes against the resistance genes used in commercial cultivars. Therefore, introgression and pyramiding of different loci (qualitative or quantitative) by marker-assisted selection is very important for resistance breeding. This review summarizes the genetic variation of the pathogen, host-pathogen interactions, genes involved in resistance, resistance to *R. commune* in landraces and wild genotypes, and host resistance to *R. commune* in our country from the past to the present.

Keywords: *Rhynchosporium commune*, Scald, *Hordeum vulgare*, Resistance.

Giriş

Arpa yaprak lekeli hastalığı, hastalık etmeni Deuteromycetes sınıfından hemibiyotrofik bir fungus olan *Rhynchosporium commune*'dir (Zaffarano ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2020). Eski adı *Rhynchosporium secalis* olan fungal etmeni Zaffarano ve ark. (2011) *Rhynchosporium commune* olarak yeniden isimlendirmiş ve *Hordeum* spp. ile *Bromus diandrus* üzerinde hastalık oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Fungal etmenin Seifollahi ve ark. (2018) tarafından *H. murinum* subsp. *glaucum*, *Festuca perennis* ve *Avena sativa* üzerinde de hastalık oluşturduğu rapor edilmiştir. İlgili çalışmalar ile fungus için yabancı konukçuların önemli rezervler olduğu ortaya koyulmuştur (Linde ve ark., 2016; Seifollahi ve ark., 2018). Son zamanlarda Crous ve ark. (2021) ise *R. commune*'nin *R. graminicola* olarak yeniden adlandırılmasını önermişlerdir.

Hastalık arpa üretiminin yapıldığı bütün bölgelerde görülmektedir. Geçit bölgelerinde, serin ve nemli bölgelerde daha çok rastlanmakla birlikte dünya çapında yaygın ve epidemik bir hastalıktır (Xue ve Hall, 1991; Robbertse ve ark., 2001). Patogeninde orjini olduğu varsayılan kuzey Avrupa'da hastalık oldukça şiddetlidir (Brunner ve ark., 2007). Hastalık etmeni arpada %10-70 arası verim kaybına yol açmakta ve tane kalitesini de düşürmektedir (Shipton ve ark., 1974; Zhang ve ark., 1992). Arpa yaprak lekeli hastalığında enfeksiyon şiddetine bağlı olarak verim kayıpları artmaktadır. En fazla etkilenen verim komponenti m² deki başak sayısıdır (Zencirci ve Hayes, 1990). Kavak (1998) tarafından yapılan çalışmada arpa yaprak lekeli hastalığının arpada enfeksiyon şiddetine bağlı olarak oluşturduğu verim kayıpları belirlenmiş, % 46.7, % 68 ve % 80.1 oranlarında enfeksiyon şiddetlerinde sırasıyla % 8.9, % 19.6 ve % 30.5 oranlarında verim kaybı olduğu saptanmıştır. Özellikle üst yaprakların enfekte olduğu durumlarda ürün kayıpları artmaktadır (Döken, 1979). İç Anadolu Bölgesinde incelenen tarlaların büyük bir kısmında enfeksiyon yüzdesinin %60'ın üzerinde olduğu rapor edilmiştir (Mert ve ark., 2014).

Genel olarak hastalık belirtisi; önce gri-yeşil-mavimsi oval ve düzgün olmayan yağlımsı lekeler halinde, sonra orta kısmı beyazımtırak gri, kenarları da koyu kahverengi ve farklı ölçülerde görünmektedir (Mert ve Karakaya, 2004). Belirtileri daha çok yaprak ayasında görülmekle birlikte yaprak kımında, nodlarda, sapta ve başaklarda da belirti oluşturmaktadır.

Rhynchosporium commune kışı dayanıklı spor oluşturmayıp, canlı yaprak dokusunda ve özellikle bitki artıklarında stroma şeklinde geçirmektedir (Mathre, 1982). Fungus bir sonraki yıla bitki artıkları ve tohumla

taşınmakla birlikte bitki artıkları en önemli inokulum kaynağıdır. Bitki artıklarındaki inokulum miktarı bir önceki yılın hastalık şiddetine ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Etmen bitki artıkları üzerinde canlılığını uzun süre sürdürebilmektedir. Hastalık etmeni sporları ve miselyumu yağmur sıçratması veya rüzgar yoluyla yakın mesafede yayılabildiği gibi enfekteli tohumların ekilmesi ve anızların saman olarak taşınması ile uzun mesafeli olarak da taşınabilmekte ve yeni coğrafi konumlara yayılabilmektedir (Mathre, 1982; Brunner ve ark., 2007; Topp ve ark., 2019). Fungusun eşeyli dönemi henüz bilinmemektedir. Bu nedenle askosporların uzun mesafeli dağılıma olasılığı da bulunmaktadır.

Genellikle herhangi bir fungal patojenin orjininin konukçu bitki orijini ile aynı olduğu düşünülmektedir ancak *Rhynchosporium commune*'nin orjininin, arpanın orijini olan Bereketli Hilal bölgesi değil kuzey Avrupa olduğu düşünülmektedir. Fungusun neolitik dönemden bu yana ticari arpa faaliyetleri ile güneye, Kuzey Amerika ve Avustralya'ya ardından tüm dünyaya yayıldığı düşünülmektedir (Brunner ve ark., 2007). Birçok genetik varyasyon çalışması da *Rhynchosporium commune*'nin orjininin kuzey Avrupa olduğunu destekler niteliktedir (Brunner ve ark., 2007; Zaffarano ve ark., 2009; Linde ve ark., 2009; Kiros-Meles ve ark., 2011; Seifollahi ve ark., 2018; Çelik Oğuz ve ark., 2021; Novakazi ve ark., 2021).

Hastalığın kontrolünde fungusit uygulanması, kültürel önlemler ve hastalığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi dahil olmak üzere entegre ve çok yönlü bir yaklaşım kullanılmalıdır (Stefansson ve ark., 2012; McLean ve Hollaway, 2018). Fungusitler, fungusit direncinin hızlı gelişimini sınırlamak için karışımlar halinde veya dönüşümlü olarak uygulanmalıdır (McDonald, 2015). Hastalığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, *R. commune* kontrolü için sürdürülebilir ve çevreci bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, fungus popülasyonu hızla değişime uğrayabilmekte ve bu da dayanıklı çeşitlerin ve fungusitlerin birkaç yıllık ticari kullanımdan sonra etkisiz hale gelmesine neden olmaktadır (Avrova ve Knogge, 2012). Uzun vadede daha sürdürülebilir dayanıklılık hedefi, markör destekli seleksiyon yoluyla çok sayıda farklı direnç lokusunun (niteliksel ve niceliksel) belirlenmesi ve piramitlemesi yoluyla elde edilebilir.

Bu çalışma ile *R. commune* epidemiyolojisi ve konukçu dayanıklılığı özetlenmiştir.

***Rhynchosporium commune* Genetik Varyasyonu**

R. commune'un genetik yapısı üzerine yapılan araştırmalar, patojenin mikro ölçekte yüksek düzeyde genetik çeşitliliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur (Linde ve ark., 2009; McDonald, 2015). Hatta Avrupa'da tek bir coğrafi konumdaki (tarladaki) genetik çeşitliliğin, Avrupa içindeki bir bölgedeki toplam genetik çeşitliliğin %70'inden fazla olduğu rapor edilmiştir (Zaffarano ve ark., 2006).

Türkiye arpanın önemli gen merkezlerinden birisidir (Kün, 1996). Ancak Zaffarano ve ark. (2006) ve Brunner ve ark. (2007), *R. commune*'nin, arpanın orijin merkezinde gelişmediğini belirtmişlerdir. Türkiye izolatları üzerinde yapılan bir *R. commune* çalışmasında düşük düzeyde genetik çeşitlilik rapor edilmiştir ve bu, *R. commune*'in orjininin arpanın orijini olan Bereketli Hilal olmadığı hipotezini desteklemektedir (Çelik Oğuz ve ark., 2021). Bu hipotez ayrıca Suriye, Ürdün ve İran'dan toplanan *R. commune* popülasyonlarının düşük genetik çeşitliliği tarafından da desteklenmiştir (Kiros-Meles ve ark., 2011; Seifollahi ve ark., 2018). Bununla birlikte, 15 yakın izojenik hattın oluşan farklı bir set üzerinde fenotiplenen 14 İzlanda *R. commune* izolatinın tümü,

benzersiz bir profil göstermiş ve Kuzeybatı Avrupa *R. commune* popülasyonlarının önemli genetik çeşitlilik içerdiğine işaret etmiştir (Novakazi ve ark., 2021). Bu çalışma ile birlikte incelenen diğer literatür (Rohe ve ark. 1995; Brunner ve ark. 2007; Zaffarano ve ark. 2009; Linde ve ark. 2009) çalışmaları da *R. commune* konukçu-patojen etkileşimlerinin Kuzeybatı Avrupa'da evrimleştiğini rapor etmişlerdir. Bu yüksek seviyedeki genetik çeşitlilik ile farklı arpa popülasyonlarında arpa yaprak lekesine karşı dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur (Clare ve ark., 2020).

Dünya çapındaki *R. commune* popülasyonlarındaki yüksek virülens varyasyonuna ilişkin raporlar, bu patojenin genetik ve fenotipik olarak oldukça çeşitli olduğunu göstermiştir (McDonald ve ark., 1999; Bouajila ve ark., 2007, 2010; Stefansson ve ark., 2012, 2014). *R. commune* popülasyonlarının genetik çeşitliliği, yeni fungusitlerin kullanılması gibi seçim baskılarına hızla yanıt vermesini sağlamaktadır. Benzimidazol grubu fungusitlere karşı popülasyon içinde hızlı ve yaygın direnç gelişimi rapor edilirken (Locke ve Phillips, 1995), Triazol grubu fungusitlere karşı direnç daha yavaş gelişmektedir (Cooke ve ark., 2004; Zhan ve ark., 2005). Bunun yanı sıra daha önce flusilazole, epoxiconazole ve tebuconazole maruz kalan popülasyonların, daha önce maruz kalmamış popülasyonlara göre 10 kat daha düşük duyarlılığa sahip olduğu görülmüştür (Robbertse ve ark., 2001; Cooke ve ark., 2004), CYP51 gen ailesindeki mutasyon ve varyasyon, çeşitli fungus türlerinde azol fungusit direncinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Brunner ve ark., 2015). *R. commune*'de azol direncine katkıda bulunan CYP51 paralogu olan CYP51A tanımlanmıştır (Hawkins ve ark., 2014; Brunner ve ark., 2015; Mohd-Assaad ve ark., 2016). CYP51A, Yeni Zelanda ve İsviçre'deki azole dirençli *R. commune* popülasyonlarında tespit edilmiş, fungusit seçim baskısının *R. commune* popülasyonlarının evrimi üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. CYP51A'nın küresel *R. commune* popülasyonlarındaki fungusit direnci varyasyonunun en önemli kaynağı olduğu düşünülmektedir (Mohd-Assaad ve ark., 2016).

Konukçu-Patojen Etkileşimleri

Arpa ülkemiz ve dünya için oldukça önemli bir serin iklim tahıdır (Taş ve Yürür, 2002). Arpada *R. commune* gelişimi: çimlenme (inokulasyondan yaklaşık 12 saat sonra meydana gelir), ardından penetrasyon (inokulasyondan yaklaşık 24 saat sonra), fungus biyokütlesinde yavaş bir artışla yaprak kolonizasyonu, ardından büyük bir büyüme ile biyokütle kazanımı (inokulasyondan yaklaşık 10 gün sonra) ve sporlanma üreten yoğun bir stromanın oluştuğu geç durağan faz olmak üzere dört aşamada gerçekleşmektedir (Ayesu-Offei ve Clare, 1970; Zhan ve ark., 2008; Siersleben ve ark., 2014). Etmen fungus konukçu epidermal hücrelerin üzerindeki kütiküle nüfuz eden vejetatif hiflerden konidiler üretmektedir (Avrova ve Knogge, 2012). Konidinin çim tüpü oluşumundan ve kütiküle penetrasyonundan sonra, ince hifler esas olarak yaprak boyunca uzunlamasına büyür (Thirugnanasambandam ve ark., 2011). İnce hifler, arpa yaprağının dış epidermis hücre duvarlarının pektin açısından zengin tabakasında hızla büyüyerek makroseptomları oluşturur ve sporlar üretir (Walters ve ark., 2012). Yaprak yüzeyinde sporlanma sağlanması ile birlikte, sporlar ve miselyum yağmur sıçratması veya rüzgar yoluyla yakındaki bitkilere yayılır (Siersleben ve ark., 2014). Sporların çimlenmesi ve kütikül penetrasyonundan sonra, hassas genotiplerde yoğun miselyal büyümenin altında mezofil hücrelerinin ve daha fazla epidermal hücrenin çökmesine yol açarak tipik arpa yaprak lekeli hastalık belirtilerine yol açmaktadır (Lehnackers ve Knogge, 1990; Thirugnanasambandam ve ark., 2011). Bununla birlikte, *R. commune* fungusu konukçu bitki

içinde hastalık semptomları ortaya çıkmadan geliştiği semptomsuz enfeksiyonlar da gösterebilmektedir (Walters ve ark., 2012).

Patojendeki avirülans efektörleri ve konukçuda karşılık gelen dayanıklılık genleri arasındaki gene karşı gen etkileşiminin meydana geldiği düşünülmektedir (Barua ve ark., 1993). Patojenin yeni dayanıklılık genleri olan çeşitleri tanılaması ve bu çeşitleri birkaç sezon içinde enfekte edebilmesi mümkündür. Wevelsiep ve ark. (1993) *R. commune*'deki ince hif oluşturma aşamasında önemli olan nekroza neden olan üç protein (Necrosis inducing protein; NIP1, NIP2 ve NIP3) belirlemiştir. Kirsten ve ark. (2012), tarafından yapılan analizde NIP1 transkriptlerinin sporlarda mevcut olduğunu, NIP2 ve NIP3 transkriptlerinin ise konukçu bitkilerin inokulasyonundan sonra sentezlediği rapor edilmiştir.

NIP1 hem bir efektör hem de bir indükleyici olarak işlev görmektedir (Wevelsiep ve ark., 1993). Ayrıca, Hahn ve ark. (1993), NIP1'in arpada yaprak nekrozunu kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda dayanıklılık geni *Rrs1*'in reaksiyonlarını da indüklediğini göstermiştir. NIP1 proteini, avirülans geni *AvrRrs1*'in (Rohe ve ark., 1995) ürünüdür ve *Rrs1* arpa bitkilerinin yapraklarında patogenez ile ilgili 10 geninin ifadesini indüklemektedir. (Steiner-Lange ve ark., 2003). *Rrs1* ile tetiklenen dayanıklılığın ana faktörünün bitkinin savunma reaksiyonunu aktive eden bir reseptör ile NIP1 etkileşiminin tanınmasıdır (Schurch ve ark., 2004). Bu, NIP genlerini ve patojenin küresel popülasyonları arasındaki varlıklarını, yokluklarını veya değiştirilmiş durumlarını, dayanıklılık geni etkinliğinin potansiyel bir belirleyicisi yapar. İşlevsel bir NIP1 geni taşıyan izolatlar, NIP1'in işlevsel olmadığı veya eksik olduğu izolatlardan önemli ölçüde daha yüksek virülans göstermiştir (Stefansson ve ark., 2014; Mohd-Assaad ve ark., 2019).

Mohd-Assaad ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada neredeyse tüm *Rhynchosporium* türlerinde NIP1A ve NIP1B olarak adlandırılan iki farklı NIP1 paralogu tanımlamışlardır. NIP1'in yaygın olarak bildirilen paralogu olan NIP1A'nın konukçu reseptörleri ile birlikte gelişen baskın efektör olduğu belirlenmiş ve virülens konusunda NIP1B'den daha önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. NIP2 ve NIP3 proteinlerinin patojen için oldukça önemli olduğu düşünülmektedir (Stefansson ve ark., 2014). NIP2 ve NIP3 arpada nekrozu indüklemektedir, ancak uyarıcı olarak hiçbir işlevi yoktur (Hahn ve ark., 1993). NIP1, NIP2 ve NIP3 proteinleri, enfeksiyonun erken büyüme aşamalarında, fungus hifleri yoğun subkutiküler stroma büyümesinden önce yayıldığında işlevsel olarak önemlidir. Bu proteinlerin üretimi, fungus biyokütlesi hızla arttığında önemli ölçüde azaldığından dolayı fungus virülensi üzerine erken dönemde etki edebildiği düşünülmektedir (Schurch ve ark., 2004).

Arpa Yaprak Lekesi Hastalığı Dayanıklılığında Rol Oynayan Genler

R. commune başlangıçta *R. secalis* olarak sınıflandırıldığından, gen tanımlamaları *Rhynchosporium secalis*'e karşı Reaksiyon/Dayanıklılık durumunu temsil eden *Rrs* terminolojisini takip etmektedir (Bjørnstad ve ark., 2002).

Arpa genomunda *R. commune* dayanıklılığına yönelik genler ve QTL'ler tanımlanmıştır. Bununla birlikte, bazı lokuslar tekrar tekrar dayanıklılık ile bağlantılı bulunarak modern arpa germplazmında dayanıklılık için sınırlı genetik çeşitlilik gözlenmiştir. Son 20 yılda, arpa germplazmındaki *R. commune* dayanıklılığının genetik mimarisi hakkındaki bilgileri ortaya çıkarmak ve markör destekli dayanıklılık ıslahına yönelik hedefleri

keşfetmek için QTL analizi kullanılmıştır. Arpa yaprak lekeli hastalığına karşı dayanıklılıkta Rrs1 ve Rrs2 lokuslarının önemi (ve dolayısıyla sık seçimi), doğal koşullar altında ve kontrollü ortamlardaki spesifik izolat/izolatlar kullanılarak bir dizi genotip veya duble haploid popülasyon üzerinde rapor edilmiştir (Zhang ve ark., 2020).

Hastalığa karşı genetik dayanıklılığı destekleyen fizyolojik mekanizmalar konusunda bilgiler oldukça sınırlıdır. Rrs1 dayanıklılık geninin enfeksiyon sürecinde *R. commune* büyümesini kısıtlamak için subkutiküler stroma oluşumunu önlediği rapor edilmiştir (Lehnackers ve Knogge, 1990). Buna karşılık, Rrs2 lokusunu taşıyan her ikisi de dayanıklı çeşitler olan Digger (İngiltere'den) ve Osiris (Cezayir'den), enfeksiyon sürecinde hücre duvarlarında daha büyük papilla ve hale oluşumu göstermiştir (Jørgensen ve ark., 1993).

Rrs1, Rrs2, Rrs3, Rrs4, Rrs12, Rrs13, Rrs14, Rrs15, Rrs16, Rrs17 ve Rrs18 gen isimlendirmeleri altında toplam on bir ana Rrs geni haritalanmıştır (Bjørnstad ve ark., 2002; Zhang ve ark., 2020). Looseley ve ark. (2012), semptomsuz yapraklarda da *R. commune* miktarına bağlı olarak QTL'ler tespit etmiştir.

1H kromozomunda Rrs14, 2H kromozomunda Rrs17, 3H kromozomunda Rrs1 ve Rrs4, 4H kromozomunda Rrs3 ve Rrs16, 6H kromozomunda Rrs13 ve 7H kromozomunda Rrs2, Rrs12 ve Rrs15 olmak üzere majör dayanıklılık genleri belirlenmiştir (Bjørnstad ve ark., 2002; Zhang ve ark., 2020). 5H kromozomu üzerinde majör dayanıklılık geni belirlenmemiştir ancak bu kromozom üzerinde minör etkili QTL'ler haritalanmıştır (Looseley ve ark., 2012; Coulter ve ark., 2019; Zantinge ve ark., 2019). 6H kromozomu üzerinde tanımlanan (Hofmann, 2015) ve doğrulanan (Coulter ve ark., 2019) Rrs18 dayanıklılık geni en son tanımlanan dayanıklılık genidir. Rrs genlerinin birçoğu yerel arpa çeşitlerinden türetilmiştir (Bjørnstad ve ark., 2004; Hofmann ve ark., 2013) Rrs1 lokusu için farklı çalışmalarla birçok allel bildirilmiştir (Dyck ve Schaller, 1961; Baker ve Larter, 1963; Habgood ve Hayes, 1971; Hansen ve Magnus, 1973; Bockelman ve ark., 1977; Bjørnstad ve ark., 2002; Read ve ark., 2003; Genger ve ark., 2005; Hofmann ve ark., 2013). 3H kromozomunda bulunan bu lokus daha önce haritalanan Rh, Rh1, Rh3, Rh4 ve Rh7 lokuslarını kapsamaktadır (Bjørnstad ve ark., 2002).

Rrs1 (Rh4 tipi), La Mesita, Trebi, Osiris, CIho3515 çeşitlerinde ve İspanyol yerel çeşitleri SBCC145 ve SBCC154'de tanımlanmıştır. Rrs1'e benzer bir alel olan Rh42, Modoc çeşidi üzerinde tanımlanmış ve Turk ve Atlas46 çeşitlerinden Rrs1 (Rh42 tipi) ile yakından bağlantılı başka bir dayanıklılık aleli olan Rrs1 (Rh3 tipi) tanımlanmıştır (Dyck ve Schaller, 1961; Hofmann ve ark., 2013).

Avustralya arpa genotipleri fide dönemi testleri ile 11 *R. commune* izolatına karşı değerlendirilmiş ve "Yerong" çeşidi "Turk" çeşidinden (Rrs1 (Rh3 tipi)) farklı bir dayanıklılık göstermiştir (Zhang, 2019)

Rrs1 (Rh4 tipi), chr3H_490253069 için yeni tanımlanan teşhis belirteci ile psödomoleküller Morex v. 2.0 2019 (Looseley ve ark., 2020) kullanılarak 3H kromozomu üzerinde 446,9 Mb olarak haritalanmıştır. Bu markör chr3H_490253069, Rrs1 lokusunda Rrs1'i (Rh4 tipi) diğer genlerden veya alellerden (dayanıklılık ve duyarlılık için) ayırt edebilmektedir. Dayanıklı Rrs1 (Rh4 tipi) SBCC145, SBCC154, CIho3515 ve Retriever arpa genotiplerinde tanımlanmıştır. Armelle (Rh tipi), Atlas 46 (Rh3 tipi), Abyssinian, CIho11549, Steudelli ve Triton (Rh tipi) çeşitlerinde Rrs1 (Rh4) lokusu içermedikleri, ancak başka bir Rrs1 aleline sahip oldukları bildirilmiştir. Looseley ve ark. (2020) ayrıca Suriye ve Ürdün yerel arpa çeşitleri koleksiyonu kullanarak Rrs1 (Rh4 tipi) için

moleküler markörler geliştirmiştir. Bunun yanı sıra, Birleşik Krallık arpa genotiplerinde Rrs1 (Rh4 tipi) lokusunun nispeten az sayıda genotipte olduğunu varsaymış ve bu lokusu içeren 25 çeşitten oluşan bir liste de sunmuştur.

4H kromozomu üzerinde Rrs16 lokusu kültür arpası ve *Hordeum bulbosum* melezlemesinden elde edilmiştir (Pickering ve ark., 2006). Vlamingh çeşidinin Rrs16 lokusunu içerdiği rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2014). Rrs13, kromozom 6H üzerinde bulunmaktadır. İlgili lokus *H. spontaneum* melezlemesi üzerinden haritalandırılmıştır (Abbott ve ark.,1995; Genger ve ark., 2003a) ve Avustralya çeşidi Tantangera Rrs13 kaynağı olarak kullanılmaktadır (Read ve ark., 1998).

Atlas çeşidinde 7H üzerinde bulunan Rrs2 lokusu haritalanmıştır. Rrs2 dayanıklılık lokusu çoğu *R. commune* izolatına etkili ve dünya çapında arpa ıslah programlarında önemli bir yeri vardır (Hanemann ve ark., 2009).

Arpa yaprak lekesine dayanıklılıkta tespit edilen QTL'lerin bağlı olduğu kromozomlar ve dayanıklılık kaynakları Zhang ve ark. (2020) tarafından listelenmiştir.

Rrs5, rrs6, rrs7, rrs8, Rrs9, Rrs10 ve rrs11 lokusları ise haritalanmamıştır (Chelkowski ve ark., 2003). Çünkü bu lokusların daha önce bahsedilen Rrs lokuslarının alellerini temsil ediyor olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, Rrs lokuslarının numaralandırılması, terminoloji değişiklikleri, bahsedilen haritalanmamış Rrs lokusları ve Rrs3'ün Morex'in arpa referans genomuna bağlı kalmaması nedeni ile kesin ve sıralı düzene sahip değildir (Zhang ve ark., 2020).

Rrs1, sentromerik bir bölgede karmaşık bir lokustur (Büttner ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2020). Morex genom dizilimi 2. versiyonunda, 429 ila 503 Mb'yi kapsayan kromozom 3HL'nin sentromerik bölgesindeki Rrs1 lokusunda bildirilen 27 majör veya minör QTL ve tespit edilen iki ek lokus, ilgili lokustaki karmaşıklığı daha da arttırmaktadır (Zhang ve ark., 2020). Kromozom 6HL'nin sentromerik bölgesinde bulunan ve arpa ağ benek hastalığı ağ formu etmeni *Pyrenophora teres* f. *teres*'e dayanıklılık ve duyarlılık kazandıran Rpt5/Spt1 lokusu ile benzerlikler göstermektedir (Richards ve ark., 2016; Clare ve ark., 2020). *R. commune* efektör geni NIP1'in de Rrs1 ile etkileşime girdiği bildirilmiştir (Schürch ve ark., 2004) ve *R. commune* içindeki türe özgü efektörlerin biyotrofik fazını uzattığı ve nekrotrofik fazı ise kısalttığına inanılmaktadır (Penselin ve ark., 2016).

Gen ekspresyonunun patojenik funguslarda nekrotrofik oluşum için bazal savunma transkriptlerini etkileyebileceği gözlemlenmiştir. WI2291 enziminin arpa-*R. commune* etkileşiminde daha fazla geni aktive ettiği rapor edilmiştir (Shoaib ve ark., 2018)

Cüceleşme genine sahip yatmaya meyilli bitkilerin yağmur sıçramaları ile hastalık bulaşmasına karşı daha duyarlı olduğu rapor edilmiştir. Büyüme alışkanlıkları ve arpa yaprak lekesi dayanıklılığı arasındaki olası bir pleiotropik (çoklu fenotipik) etkileşimi araştırmak için bazı popülasyonlar (ayrıca SBCC145 Beatrix için 3 HL'de bulunan bir segregating bodurlaşma geni) test edilmiştir, ancak arpa yaprak lekesi dayanıklılığı üzerinde hiçbir etkisi bulunmamıştır (Ponce-Molina, 2012).

Arpa Yaparak Lekesi Dayanıklılığında Rol Oynayan Genlerin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Tarihsel olarak, QTL'ler, iki ebeveynli haritalama popülasyonlarının analizi yoluyla tanımlanmıştır. Bu yöntem, nadir alellere sahip büyük etkili QTL'leri saptamak için kullanışlı olup arpa yaprak lekesi hastalığı dayanıklılığı

için markör destekli ıslah için önemli bir araç olmuştur (Lorenz ve ark., 2011). Bununla birlikte, yeni dayanıklılık kaynaklarını ortaya çıkarmak amacıyla, genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) ve genomik seçim dahil olmak üzere diğer yaklaşımlar kullanılmaktadır.

GWAS, çeşitli germplazm setleri kullanarak hedef özelliklerle ilişkili lokusları tespit edebilmektedir. Bu, yalnızca iki ebeveyn arasında ayrılan alellerin değerlendirilebildiği duble haploid popülasyonlara kıyasla daha fazla alellik çeşitlilik sağlayabilmekte (Zhu ve ark., 2008) ve daha yüksek haritalama çözünürlükleri elde edilmektedir (Boyd ve ark., 2013). Bununla birlikte, GWAS'ın genellikle çok nadir alelleri veya küçük etki boyutlarına sahip alelleri tespit etme gücü sınırlıdır. Örnek boyutunu artırmak, ilişkilendirme çalışmalarının gücünü artırabilmektedir (Korte ve Farlow, 2013).

Looseley ve ark. (2018) yaptıkları GWAS analizi ile Avrupa'daki doğal tarla koşulları altında Avrupa yazlık arpa germplazmında Rrs1 lokusunda en önemli ve etkili QTL'i rapor etmişlerdir. İlgili çalışmada, Rrs2 lokusunu taşıdığı bilinen çeşitleri incelemişler ancak tarlada koşullarında Rrs2 lokusunda hiçbir QTL saptanmamıştır. Buna karşılık, Etiyopya, ICARDA ve ABD'den alınan arpa genotipleri kullanılarak Etiyopya'da gerçekleştirilmiş olan başka bir GWAS analizinde 1H ve 5H kromozomlarında arpa yaprak lekesi hastalığı dayanıklılığı için yeni QTL'ler de tanımlanmış ve 7H kromozomunda iki büyük etkili QTL saptamıştır (Daba ve ark., 2019). Sonuçlar yine arpada arpa yaprak lekesi dayanıklılığının genetik mimarisinin karmaşık olduğunu ve dayanıklılık genlerinin çevresel etkilere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Araştırmacılar arpa kromozomlarında keşfedilen dayanıklılık lokuslarına ait markörler geliştirmiş ve bu markörler dayanıklı bitkileri hassas bitkilerden farklı derecelerde ayırt edebilmişlerdir. 2H ve 3H kromozomlarında, Basit Dizi Tekrarı (SSR) markörleri HVM54, Bmac0093b, HVLTPP8, HVM62 ve Bmag0006, *R. commune* için kantitatif özellik lokusları (QTL'ler) olduğunu göstermiştir. 3H kromozomu çeşitli kollarında bulunan HVS3-SCAR, Bmag0006-SSR ve Ebmac0871-SSR markörlerinin (HVS3 ve Bmag0006, 3H'nin uzun kolunda, Ebmac871 ise kısa kolunda lokalize olmuştur), Rrs1 dayanıklılık gen(ler)ini tanılamada kullanılabileceği rapor edilmiştir (Sayed ve Baum, 2018). Ayrıca Hofmann ve ark. (2013) İspanyol yerel arpa çeşitlerinden ürettiği double haploid popülasyonda Rrs1 dayanıklılık geni üzerinde çalışmış ve bu bölge için BOPA1 markörlerinden CAPS markörleri (11_00101, 11_08231, 11_0205, 11_0315, 11_1476) türetmişlerdir.

Genomik seçim, genomik tahmin edilen ıslah değerlerini (GEBV'ler) modellemek için tüm genom işaretleyici profillerindeki ilişkinin işaret ölçülerini kullanmaktadır (Meuwissen ve ark., 2001; de los Campos ve ark., 2013; Habier ve ark., 2013). Fenotipli hatlardan oluşan bir popülasyon, fenotipsiz hatlarla birlikte genotiplenir ve yalnızca fenotipli hatların genotipli hatlarla ilişkisi GEBV'leri modellemek için kullanılır (Heffner ve ark., 2011; Lorenz ve ark., 2011). Fusarium başak yanıklığı dayanıklılığı dahil olmak üzere diğer arpa hastalıklarına genomik seleksiyon yöntemleri uygulanmıştır (Lorenz ve ark., 2012; Sallam ve ark., 2015). Doğru fenotipleme, ıslah programlarında hastalık direnci gibi karmaşık özellikler için zaman zaman zordur (Cooper ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2017). Fenotipsiz hatlar için GEBV'lerin modellenmesi yoluyla, genomik seçim, çoklu direnç lokusları için daha hızlı ve ucuz seçim sağlayabilmektedir (de los Campos ve ark., 2013; Desta ve Ortiz, 2014), Dolayısıyla genomik seçim hastalık direnci özelliklerinin genetik kazanım oranını artırabilir (Lorenz ve ark., 2011).

Yerel ve Yabani Arpa Çeşitlerinde *R. commune* Dayanıklılığı

Kültür arpasının yabani akrabaları, özellikle *H. spontaneum* ve *H. bulbosum*, arpa yaprak lekesi dayanıklılığı için önemli genetik kaynaklardır ve ıslah çalışmaları ile kültür arpasının genetik temelini genişletebilir. Rrs genlerinin birçoğu yerel çeşitlerden türetilmiştir (Bjørnstad ve ark., 2004; Hofmann ve ark., 2013). Rrs1 lokusunda yer alan *H. spontaneum*'da keşfedilen arpa yaprak lekesi dayanıklılık QTL'leri kültür arpasında da tanımlanmıştır (Genger ve ark., 2003a, 2003b; von Korff ve ark., 2005). *H. spontaneum* kaynaklı arpa yaprak lekesi dayanıklılık lokusu, Rrs12 (muhtemelen Rrs2'nin farklı aleli) (Abbott ve ark., 1992; Genger ve ark., 2005) ve Rrs15 (Genger ve ark., 2005) 7H kromozomu üzerine; Rrs13, 6H kromozomu üzerine (Abbott ve ark., 1995); Rrs14, 1H kromozomu üzerine (Garvin ve ark., 2000) haritalanmıştır. *H. bulbosum* kaynaklı arpa yaprak lekesi dayanıklılık lokusu Rrs16, 4H kromozomunda tanımlanmıştır (Pickering ve ark., 2006). Bu beş lokus, dayanıklılık genlerinin introgresyonu ve piramidi için değerli kaynaklar sağlamaktadır. Yabani ve kültür arpasının QTL'leri arasındaki alellik farklılıklarını araştırmak için daha ileri çalışmalar yürütülmesi gereklidir.

Alman 'Barke' hattına çaprazlanmış HEB-25 yabani arpa popülasyonunda iç içe geçmiş ilişkilendirme haritalaması kullanılmış ve sekiz lokus tanımlanmıştır (Büttner ve ark., 2020). Bunun yanı sıra, *R. commune*'un orijininin Kuzeybatı Avrupa olduğundan kullanılan İskandinavya ve diğer kuzey Avrupa yerel arpa çeşitlerinin arpa yaprak lekesi dayanıklılık kaynağı olduğuna inanılmaktadır. İskoç arpasının "Bere" popülasyonu bu konuda iyi bir adaydır (McDonald, 2015). "Bere" arpa popülasyonu içindeki ilişkilendirme haritalaması da sekiz lokusu tanımlamıştır. *R. commune* izolatlarının çoğu için, "Bere" çeşidi dayanıklı bulunmuştur (Cope ve ark., 2021).

Farklı bilim adamları yerel arpa çeşitlerinin arpa yaprak lekesi hastalığına karşı yetişkin bitki dayanıklılığı ve fide dayanıklılığı konusunda hem fikirdir. İlk olarak Johnson ve Mackie (1920) tarafından bildirilen dayanıklılık daha sonra çoklu dayanıklı arpa türleri tanımlanmış ve ıslah programlarında kullanılmıştır. Örneğin, "Turk" çeşidinden önemli bir dayanıklılık geninin eklenmesiyle geliştirilen ilk çeşit, "Atlas 46" dir (Riddle ve Suneson, 1948; Riddle ve Briggs, 1950).

Günümüze kadar arpa bitkisinde 150'den fazla dayanıklılık lokusu karakterize edilmiştir. *R. commune* orjininin Kuzey Avrupa olduğu ve buradan dünyaya yayıldığı düşünüldüğünde, Avrupa germplazmı, *R. commune* dayanıklılığını taramak için kullanılan birincil kaynak olmuştur ve yabani arpa (*H. spontaneum*), yerel arpa çeşitleri ise yeterince kullanılmamıştır. Türkiye'den 94 yabani arpa ve 188 yerel arpa çeşidinden oluşan bir popülasyon, PCR-GBS ampikon dizileme kullanılarak genotiplenmiş ve altı Türk *R. commune* izolatu ile taranmıştır. Çalışma sonucunda 12'si yeni olmak üzere toplam 21 lokusla ilişkilendirme-haritalama analizi yapılmıştır. İlgili çalışma birincil arpa gen havuzlarının, dayanıklılık ıslahı için kullanılabilir çok sayıda yeni *R. commune* dayanıklılık kaynağı içerdiğini göstermiştir (Clare ve ark., 2023).

Yabani arpa (*H. spontaneum*), yerel arpa çeşitleriyle karşılaştırıldığında, arpa yaprak lekesi hastalığına karşı yüksek bir potansiyele sahiptir. Yerel çeşitlerin yalnızca %0,5'i altı *R. commune* izolatına dayanıklı bulunurken, *H. spontaneum* genotiplerinin %26'sı test edilen tüm izolatlara dayanıklı bulunmuştur (Azamparsa ve ark., 2019). Silvar ve ark. (2010), İspanyol arpa yerel çeşitlerinin ana grubundan türetilen 159 hattı test etmiş ve %26'sının arpa yaprak lekesi hastalığına dayanıklı olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde Türkiye'den 198 yerel

arpa çeşidinin, 104 yabani arpa çeşidinin 6 adet *R. commune* izolatu ile fide dönemi dayanıklılığının test edildiği çalışmada yalnızca 1 adet yerel arpa çeşidi izolatlarının tümüne dayanıklılık gösterirken, 27 adet *H. spontaneum* genotipi izolatların tümüne dayanıklı bulunmuştur (Azamparsa ve ark., 2019). Rehman ve ark. (2021) Fas'ta ICARDA gen bankasından temin edilen *H. spontaneum* örneklerinin (%66) arpa yaprak lekesi hastalığına dayanıklı olduğunu bulmuşlardır. Yine başka bir çalışma ile İspanya'da *H. spontaneum* genotiplerinin yaklaşık %71.6'sının arpa yaprak lekesi hastalığına dayanıklı olduğu ileri sürülmüştür.

Etiyopya yerel çeşitlerinin ve genotiplerinin arpa yaprak lekesi hastalığına karşı dayanıklı olduğu ortaya koyulmuştur (Yitbarek, 1998; Gyawali, 2018). Ayrıca, Suriye ve Ürdün yerel çeşitlerinden elde edilen yerel çeşitlerin %13'ü (Van Leur ve ark., 1989) ve İspanyol arpa koleksiyonundaki örneklerin %26'sı arpa yaprak lekesine karşı dayanıklı bulunmuştur (Silvar ve ark., 2010).

Van Leur ve ark. (1989) Suriye ve Ürdün'ün çeşitli bölgelerinden toplanan yerel arpa çeşitlerinden üretilen 100 hattan oluşan arpa setinin %13'ünün arpa yaprak lekesi hastalığına dayanıklı olduğunu bulmuşlardır. Yerel çeşitler ve toplama alanları arasındaki yüksek heterojenliğin yanı sıra daha soğuk bölgelerden daha yüksek oranda dayanıklı genotipler tespit edilmiştir.

Ülkemizde *R. commune* Konukçu Dayanıklılığı Üzerine Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de ilk kez Bremer ve arkadaşlarınca tespit edilen arpa ağ benek hastalığı oldukça yaygındır (Göbelez, 1964; Karakaya ve ark., 2014; Özdemir ve ark., 2017). Damgacı (1981), 1980'de Orta Anadolu bölgesinde yaptığı surveylerde bölgede arpa yaprak lekesi hastalığının sapa kalkma ve süt olum dönemlerindeki bulaşıklık oranı ve şiddetinin sırasıyla % 64,5 ve % 5,6 ve % 49,7 ve % 1,89 olduğunu ve bazı tarlalarda hastalık şiddetinin sırasıyla % 17,7 ve % 12,5'e kadar çıkabildiğini rapor etmiştir Aktaş (1984), bu hastalığın ülkemizde yaygın olduğunu, Orta Anadolu Bölgesinde bazı yıllarda büyük kayıplara neden olduğunu bildirmiş ve Mamluk ve ark., (1997) tarafından Orta Anadolu'da yapılan surveylerde 1993 yılında gözlenen tarlaların yarısından fazlasında arpa yaprak lekesi görüldüğünü belirlemişlerdir.

Mert ve Karakaya (2004)'nın sera koşullarında 37 çeşit ve iki aday arpa hattının *Rhynchosporium secalis*'in beş izolatu ve bu izolatlardan oluşan karışımına karşı test edildiği çalışmada, yedi çeşit (Erginel 90, Şahin 91, Kral 97, Akhisar 98, Çetin 2000, Çumra 2001, Avcı 2002) ve bir aday hattın (aday 4) dayanıklı olduğu bulunmuştur.

Düşünceli ve ark. (2008), 36 arpa çeşidi ve 683 arpa genotipi *R.secalis*'e karşı sera (fide) ve tarla (yetişkin bitki) koşullarında incelenmiştir. Test edilen 683 arpa genotipinin sırasıyla %44'ü ve %39'u fide ve yetişkin bitki aşamasında orta derecede dirençli bulunmuştur. Çetin 2000, Avcı 2002, Erginel 90, Kırıl 97, Kaya 7794, Akhisar 98, Zafer 160 ve Yeşilköy 387 çeşitleri hem sera hem de tarla koşullarında dayanıklı bulunmuştur. Çıldır 02, Vamıkhoca ve Quantum çeşitleri sera koşullarında hassas iken, tarla koşullarında dayanıklı bulunmuşlardır.

Azamparsa ve ark. (2019)'nın 198 yerel arpa çeşidinin, 104 yabani arpa çeşidinin 6 adet *R. commune* izolatu ile fide dönemi dayanıklılığının test edildiği çalışmalarında, *R. commune* izolatları arasında virülans farklılıkları gözlenmiştir. Altı sıralı bir yerel arpa çeşidi (Yeşilköy 9052) altı izolatu hepsine karşı dayanıklı bulunmuştur.

Başka bir altı sıralı arpa genotipi (genotip no.17) 5 izolata dayanıklı reaksiyon göstermiştir. Yirmiyedi adet *H. spontaneum* genotipi altı *R. commune* izolatatının hepsine dayanıklı bulunmuştur.

Azamparsa ve Karakaya (2020), *R. commune*'nin patotiplerini belirledikleri çalışmada 17 arpa genotipinden oluşan arpa ayırıcı test çeşidi üzerinde 30 adet patotip belirlemişlerdir. Jet ve Abyssinia çeşitleri en dayanıklı genotipler olarak bulunurken, Digger ve Steudelli genotipleri en hassas genotipler olarak bulunmuştur. İki hassas kontrol genotip Bülbül 89 ve Efes genotipleri Patotiplerin %93'üne hassas reaksiyon göstermiştir. Türkiye'nin bazı arpa yetiştirilen bölgelerinden elde edilen Türk *R. commune* izolatları arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir.

Hekimhan ve ark. (2021), Türkiye'de yetiştirilen bazı arpa çeşitleri (63 adet) ve Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne ait ileri kademe arpa hatlarını (46 adet) tarla koşullarında *R. commune*'ye karşı test etmişlerdir. Çeşitlerden %2'si çok dayanıklı, %8'i dayanıklı, %33'ü hassas ve %13'ü çok hassas bulunmuştur. Verim kademesindeki hatlardan ise %12'si dayanıklı, %55'i orta dayanıklı, %33'ü hassas olarak belirlenmiştir.

Ülkemizden *R. commune* hakkında rapor edilen ilk ve tek moleküler haritalama çalışması Clare ve ark. (2023) tarafından yapılmış olup, Türkiye'den 94 yabancı arpa ve 188 yerel arpa çeşidinden oluşan bir popülasyon PCR-GBS amplikon dizileme tekniği kullanılarak genotiplenmiş ve altı Türk *R. commune* izolatu ile fenotiplendirilmiştir. Çalışma sonucunda 12'si yeni olmak üzere toplam 21 lokusla ilişkilendirme-haritalama analizi yapılmıştır. İlgili çalışma birincil arpa gen havuzlarının, dayanıklılık ıslahı için kullanılabilecek çok sayıda yeni *R. commune* dayanıklılık kaynağı içerdiğini göstermiştir.

Sonuç

Yapılan çalışmalar ile tespit edilen QTL'lerin fiziksel konumlarını anlamamız haritalama çalışmaları arasında QTL sonuçlarını karşılaştırmamıza olanak tanımaktadır. Gelecekteki küresel arpa ıslah çalışmalarında arpa yaprak lekeli dayanıklılığının iyileştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki arpa yetiştiricileri, arpa yaprak lekeli hastalığına dayanıklı arpa materyalleri geliştirmek zorundadır ayrıca *R. commune* çeşitliliği ve patotipleri moleküler seviyede incelenmelidir. Etmenin patojenite seviyeleri ve popülasyon çeşitliliği de konukçu dayanıklılığını araştırmak için kritik öneme sahiptir. Bunların yanı sıra toprak işleme, kompost, ürün rotasyonu, fungusit uygulama zamanı, arpa ekim zamanları ve çeşit karışımının hastalık şiddeti üzerindeki etkileri saptanmıştır. Hastalık tohum ile de taşınabildiğinden tohum ticareti konusunda da dikkat edilmesi gereklidir. Arpa yaprak lekeli dayanıklı çeşitlerin kullanılması, *R. commune* patojen popülasyonlarının izlenmesi küresel olarak pestisit uygulamalarının sayısında azalma sağlayabilmekte ve bireysel dayanıklılık genlerinin ömrünü uzatabilmektedir. Bununla birlikte, *R. commune*, dayanıklılık genlerinin üstesinden gelmek için hızlı bir şekilde değişikliğe uğrayabilir. Bu nedenle, uzun vadede konukçu dayanıklılığının çok sayıda farklı direnç lokusunun (niteliksel ve niceliksel) belirlenmesi ve piramitlemesi yoluyla elde edilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Derleme, araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu derleme, Doç. Dr. Arzu Çelik Oğuz danışmanlığında Şükriye Yıldırım'ın yüksek lisans seminerinden hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış olup yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abbott, D.C., Brown, A.H.D. and Burdon, J.J. 1992. Genes for scald-resistance from wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) and their linkage to isozyme markers. *Euphytica*, 225–231.
- Abbott, D.C., Lagudah, E.S. and Brown, A.H.D. 1995. Identification of RFLPs flanking a scald resistance gene on barley chromosome 6. *The Journal of Heredity*, 86: 152–154.
- Aktaş H. 1984. Spread of leaf spots in barley growing areas in Turkey. Proc. 6th Congr. Un. Phytopath. Mediterr. Cairo, Egypt. 338-441.
- Avrova, A. and Knogge, W. 2012. *Rhynchosporium commune*: a persistent threat to barley cultivation. *Molecular Plant Pathology*, 13: 986–997.
- Ayesu-Offei, E. and Clare, B. 1970. Processes in the infection of barley leaves by *Rhynchosporium secalis*. *Australian Journal of Biological Sciences*, 23: 300–308.
- Azamparsa, M. R. and Karakaya, A. 2020. Determination of the pathotypes of *Rhynchosporium commune* (Zaffarona, McDonald & Linde) in some regions of Turkey. *Plant Protection Bulletin*, 60 (3): 5-14.
- Azamparsa, M. R., Karakaya, A., Ergün, N., Sayim, I., Duran, R. M. and Özbek, K. 2019. Identification of barley landraces and wild barley (*Hordeum spontaneum*) genotypes resistant to *Rhynchosporium commune*. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(4): 530-535.
- Baker, R.J. and Larter, E.N. 1963. The inheritance of scald resistance in barley. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 5: 445–449.
- Barua, U.M., Chalmers, K.J., Hackett, C.A., Thomas, W.T.B., Powell, W. and Waugh, R. 1993. Identification of RAPD markers linked to a *Rhynchosporium-secalis* resistance locus in barley using near-isogenic lines and bulked segregant analysis. *Heredity*, 71: 177–184.
- Bjørnstad, A., Grønnerød, S., Mac Key, J., Tekauz, A., Crossa, J. and Martens, H. 2004. Resistance to barley scald (*Rhynchosporium secalis*) in the Ethiopian donor lines 'Steudelli' and 'Jet', analyzed by partial least squares regression and interval mapping. *Hereditas*, 141(2): 166-179.
- Bjørnstad, A., Patil, V., Tekauz, A., Maroy, G., Skinnes, H. ve Jensen, A., Magnus, H. and Mackey, J. 2002. Resistance to scald (*Rhynchosporium secalis*) in barley (*Hordeum vulgare*) studied by near-isogenic lines: I. Markers and differential isolates. *Phytopathology*, 92: 710–720.

- Bockelman, H.E., Sharp, E.L. and Eslick, R.F. 1977. Trisomic analysis of genes for resistance to scald and net blotch in several barley cultivars. *Canadian Journal of Botany*, 55: 2142–2148.
- Bouajila, A., Abang, M.M., Haouas, S., Udupa, S., Rezgui, S. and Baum, M. 2007. Genetic diversity of *Rhynchosporium secalis* in Tunisia as revealed by pathotype, AFLP, and microsatellite analyses. *Mycopathologia*, 163: 281–294.
- Bouajila, A., Zoghalmi, N., Ghorbel, A., Rezgui, S. and Yahyaoui, A. 2010. Pathotype and microsatellite analyses reveal new sources of resistance to barley scald in Tunisia. *FEMS Microbiology Letters*, 305: 35–41.
- Boyd, L.A., Ridout, C., O'Sullivan, D.M., Leach, J.E. and Leung, H. 2013. Plant–pathogen interactions: disease resistance in modern agriculture. *Trends in Genetics*, 29: 233–240.
- Brunner, P.C., Schurch, S. and McDonald, B.A. 2007. The origin and colonization history of the barley scald pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Journal of Evolutionary Biology*, 20: 1311–1321.
- Brunner, P.C., Stefansson, T.S., Fountaine, J., Richina, V. and McDonald, B.A. 2015. A global analysis of CYP51 diversity and azole sensitivity in *Rhynchosporium commune*. *Phytopathology*, 106: 355–361.
- Büttner, B., Draba, V., Pillen, K., Schweizer, G. and Maurer, A. 2020. Identification of QTLs conferring resistance to scald (*Rhynchosporium commune*) in the barley nested association mapping population HEB-25. *BMC Genom*, 21: 1–12.
- Chelkowski, J., Tyrka, M. and Sobkiewicz, A. 2003. Resistance genes in barley (*Hordeum vulgare* L.) and their identification with molecular markers. *Journal of Applied Genetics*, 44(3): 291–310.
- Clare, S. J., Çelik Oğuz, A., Effertz, K., Karakaya, A., Azamparsa, M. R. and Brueggeman, R. S. 2023. Wild barley (*Hordeum spontaneum*) and landraces (*Hordeum vulgare*) from Turkey contain an abundance of novel *Rhynchosporium commune* resistance loci. *Theoretical and Applied Genetics*, 136(1): 1–14.
- Clare, S. J., Wyatt, N. A., Brueggeman, R. S. and Friesen, T. L. 2020. Research advances in the *Pyrenophora teres*–barley interaction. *Molecular plant pathology*, 21(2): 272–288.
- Cooke, L.R., Locke, T., Lockley, K.D., Phillips, A.N., Sadiq, M.D.S., Coll, R., Black, L., Taggart, P.J. and Mercer, P.C. 2004. The effect of fungicide programmes based on epoxiconazole on the control and DMI sensitivity of *Rhynchosporium secalis* in winter barley. *Crop Protection*, 23: 393–406.
- Cooper, M., Messina, C.D., Podlich, D., Totir, L.R., Baumgarten, A., Hausmann, N.J., Wright, D. and Graham, G. 2014. Predicting the future of plant breeding: complementing empirical evaluation with genetic prediction. *Crop and Pasture Science*, 65: 311–336.
- Cope, J.E., Norton, J., George, G.T.S. and Newton, A.C. 2021. Identifying potential novel resistance to the foliar disease ‘Scald’ (*Rhynchosporium commune*) in a population of Scottish Bere barley landrace (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128: 999–1012.

- Coulter, M., Büttner, B., Hofmann, K., Bayer, M., Ramsay, L., Schweizer, G., Waugh, R., Looseley, M. E. and Avrova. 2019. Characterisation of barley resistance to *Rhynchosporium* on chromosome 6HS. *Theoretical and Applied Genetics*, 132: 1089–1107.
- Crous, P. W., Braun, U., McDonald, B. A., Lennox, C. L., Edwards, J., Mann, R. C. and Groenewald, J. Z. 2021. Redefining genera of cereal pathogens: *Oculimacula*, *Rhynchosporium* and *Spermospora*. *Fungal systematics and evolution*, 7(1): 67-98.
- Çelik Oğuz, A., Ölmez, F., Karakaya, A. and Azamparsa, M. R. 2021. Genetic variation and mating type distribution of *Rhynchosporium commune* in Turkey. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 114: 101614.
- Daba, S.D., Horsley, R., Brueggeman, R., Chao, S. and Mohammadi, M. 2019. Genome-wide association studies and candidate gene identification for leaf scald and net blotch in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Disease*, 103: 880–889.
- Damgacı, E. 1981. Orta Anadolu bölgesi arpa ekilişlerinde *Rhynchosporium* yaprak lekesi (*R. secalis* (Oud.) J. J. Davis) hastalığı üzerine araştırmalar. Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı, 101-102.
- de los Campos, G., Hickey, J.M., Pong-Wong, R., Daetwyler, H.D. and Calus, M.P.L. 2013. Whole genome regression and prediction methods applied to plant and animal breeding. *Genetics*, 193: 327–345.
- Desta, Z.A. and Ortiz, R. 2014. Genomic selection: genome-wide prediction in plant improvement. *Trends in Plant Science*, 19: 592–601.
- Döken, M. T. 1979. Erzurum'da arpadan izole edilen *Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J. J. Davis'in morfolojisi, biyolojisi, zarar durumu ve savaş yöntemleri üzerinde araştırmalar. Doçentlik Tezi. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Bitki Koruma Bölümü, Erzurum.
- Düşünceli, F., Çetin, L., Albustan, S., Mert, Z., Akan, K. and Karakaya, A. 2008. Determination of the reactions of some barley cultivars and genotypes to scald under greenhouse and field conditions. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (1): 46-50.
- Dyck, P.L. and Schaller, C.W. 1961. Inheritance of resistance in barley to several physiologic races of the scald fungus. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 3, 153–164.
- Garvin, D.F., Brown, A.H.D., Raman, H. and Read, B.J. 2000. Genetic mapping of the barley Rrs14 scald resistance gene with RFLP, isozyme and seed storage protein markers. *Plant Breeding*, 119: 193–196.
- Genger, R.K., Williams, K.J., Raman, H., Read, B.J., Wallwork, H., Burdon, J.J. and Brown, A. H. D. 2003b. Leaf scald resistance genes in *Hordeum vulgare* and *Hordeum vulgare* ssp *spontaneum*: parallels between cultivated and wild barley. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 1335–1342.
- Genger, R.K., Brown, A.H.D., Knogge, W., Nesbitt, K. and Burdon, J.J. 2003a. Development of SCAR markers linked to a scald resistance gene derived from wild barley. *Euphytica*, 134: 149–159.

- Genger, R.K., Nesbitt, K., Brown, A.H.D., Abbott, D.C. and Burdon, J.J. 2005. A novel barley scald resistance gene: genetic mapping of the Rrs15 scald resistance gene derived from wild barley, *Hordeum vulgare* ssp. spontaneum. *Plant Breeding*, 124: 137–141.
- Göbelez, M. 1964. La mycoflore de Turque II. *Mycopathologia Applicata*, 23 (1): 47-67.
- Gyawali, S. 2018. Genome wide association studies (GWAS) of spot blotch resistance at the seedling and the adult plant stages in a collection of spring barley. *Molecular Breeding*, 38.
- Habgood, R.M. and Hayes, J.D. 1971. The inheritance of resistance to *Rhynchosporium secalis* in barley. *Heredity*, 27: 25–37.
- Habier, D., Fernando, R.L. and Garrick, D.J. 2013. Genomic BLUP decoded: a look into the black box of genomic prediction. *Genetics*, 194: 597–607.
- Hahn, M., Jungling, S. and Knogge, W. 1993. Cultivar-specific elicitation of barley defense reactions by the phytotoxic peptide Nip1 from *Rhynchosporium secalis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 6: 745–754.
- Hanemann, A., Schweizer, G.F., Cossu, R., Wicker, T. and Roder, M.S. 2009. Fine mapping, physical mapping and development of diagnostic markers for the Rrs2 scald resistance gene in barley. *Theoretical and Applied Genetics*, 119: 1507–1522.
- Hansen, L.R. and Magnus, H.A. 1973. Virulence spectrum of *Rhynchosporium secalis* in Norway and sources of resistance in barley. *Journal of Phytopathology*, 76: 303–313.
- Hawkins, N.J., Cools, H.J., Sierotzki, H., Shaw, M.W., Knogge, W. Kelly, S.L., Kelly, D.E. and Fraaije, B. A. 2014. Paralog re-emergence: a novel, historically contingent mechanism in the evolution of antimicrobial resistance. *Molecular Biology and Evolution*, 31: 1793–1802.
- Heffner, E.L., Jannink, J.-L. and Sorrells, M.E. 2011. Genomic selection accuracy using multifamily prediction models in a wheat breeding program. *The Plant Genome*, 4: 65–75.
- Hekimhan, H., Büyük, O., Ünal F., Araz, A., Yorgancılar, A., Özkeskin, M. E., Torun, A., Yüksel, S., Çelik, E. ve Kaymak, S. 2021. Tarla koşullarında suni inokulasyon ile bazı arpa genotiplerinin *Rhynchosporium commune* (Zaffarano, Mc Donalds&Linde) arpa yaprak yanıklığı hastalığına karşı reaksiyonlarının belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(1): 47-60.
- Hofmann, K. 2015. Phenotypic assessment and genetic mapping of genes conferring resistance to leaf scald (*Rhynchosporium commune*) in barley (*Hordeum vulgare*). <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2015/11816/>.
- Hofmann, K., Silvar, C., Casas, A.M., Herz, M., Buttner, B. and Gracia, M.P. 2013. Fine mapping of the Rrs1 resistance locus against scald in two large populations derived from Spanish barley landraces. *Theoretical and Applied Genetics*, 126: 3091–3102.
- Johnson, A.G. and Mackie, W.W. 1920. Evidence of disease resistance in barley to attacks of *Rhynchosporium*. *Phytopathology*, 10: 54.

- Jørgensen, L. Neergaard, D. and Smedegaard-Petersen, V. 1993. Histological examination of the interaction between *Rhynchosporium secalis* and susceptible and resistant cultivars of barley. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 42: 345–358.
- Karakaya, A., Mert, Z., Oguz, A.Ç., Azamparsa, M.R., Çelik, E., Akan, K. and Çetin, L. 2014. Current status of scald and net blotch diseases of barley in Turkey. pp 31. In: 1st International Workshop On Barley Leaf Diseases, Salsomaggiore Terme.03-06 June. Italy.
- Kavak, H. 1998. Şanlıurfa yöresinde ekimi yapılan bazı arpa çeşitlerinin arpa yaprak lekesine (*Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J.J. Davis) karşı reaksiyonları ve hastalık şiddeti ile verim arasındaki ilişkinin belirlenmesi. Doktora tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı. Tokat.
- Kiros-Meles, A., Gomez, D., McDonald, B.A., Yahyaoui, A. and Linde, C.C. 2011. Invasion of *Rhynchosporium commune* onto wild barley in the Middle East. *Biological Invasions*, 13: 321–330.
- Kirsten, S., Navarro-Quezada, A., Penselin, D., Wenzel, C., Matern, A.ve Leitner, A., Baum, T., Seiffert, U. and Knogge, W. 2012. Necrosis-inducing proteins of *Rhynchosporium commune*, effectors in quantitative disease resistance. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 25: 1314–1325.
- Korte, A. and Farlow, A. 2013. The advantages and limitations of trait analysis with GWAS: a review. *Plant Methods*, 9: 29–29.
- Kün, E. 1996. Tahıllar-1 (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1451. Ankara.
- Lehnackers, H. and Knogge, W. 1990 Cytological studies on the infection of barley cultivars with known resistance genotypes by *Rhynchosporium secalis*. *Canadian Journal of Botany*, 68: 1953–1961.
- Linde, C.C., Zala, M. and McDonald, B.A. 2009. Molecular evidence for recent founder populations and human-mediated migration in the barley scald pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 51: 454–464.
- Linde, C.C., Smith, L. M. and Peakall, R. 2016. Weeds, as ancillary hosts, pose disproportionate risk for virulent pathogen transfer to crops. *BMC Evolutionary Biology*, 16:101.
- Locke, T. and Phillips, A. 1995. The occurrence of carbendazim resistance in *Rhynchosporium secalis* on winter barley in England and Wales in 1992 and 1993. *Plant Pathology*, 44: 294–300.
- Looseley, M. E., Newton, A. C., Atkins, S. D., Fitt, B. D., Fraaije, B. A., Thomas, W. T. B. and Harrap, D. 2012. Genetic basis of control of *Rhynchosporium secalis* infection and symptom expression in barley. *Euphytica*, 184: 47-56.
- Looseley, M.E., Griffe, L.L., Büttner, B., Wright, K.M., Bayer, M.M., Coulter, M., Thauvin, J.N., Middlefell-Williams, J., Maluk, M., Okpo, A., Kettles, N., Werner, P., Byrne, E. and Avrova, A. 2020. Characterisation of barley landraces from Syria and Jordan for resistance to *Rhynchosporium* and identification of diagnostic markers for Rrs1Rh4. *Theoretical and Applied Genetics*, 133: 1243–1264.

- Looseley, M.E., Griffé, L.L., Büttner, B., Wright, K.M., Middlefell-Williams, J., Bull, H. Shaw, P.D., Macaulay, M., Booth, A., Schweizer, G., Russell, J.R., Waugh, R., Thomas W.T.B. and Avrova, A. 2018. Resistance to *Rhynchosporium commune* in a collection of European spring barley germplasm. *Theoretical and Applied Genetics*, 131: 2513–2528.
- Lorenz, A.J., Chao, S., Asoro, F.G., Heffner, E.L., Hayashi, T., Iwata, H. Smith, K.P., Sorrells, M. E. and Jannink, J. L. 2011. Genomic selection in plant breeding: knowledge and prospects. *Advances in Agronomy*, 110: 77–123.
- Lorenz, A.J., Smith, K.P. and Jannink, J.-L. 2012. Potential and optimization of genomic selection for fusarium head blight resistance in sixrow barley. *Crop Science*, 52:1609–1621.
- Mamluk, O. F., Çetin, L., Braun, H. J., Bolat, N., Bertschinger, L., Makkouk, K. M., Yıldırım, A. F., Saari, E., Zencirci, E., Albustan, N., Çalı, S., Beniwal, S. P., and Düşünceli., F. 1997. Current status of wheat and barley diseases in the Central Anatolian Plateau of Turkey. *Phytopathol. Med*, 36: 167–81.
- Mathre, D.E. 1982. Compendium of barley diseases. Aps Press.
- McDonald, B.A. 2015. How can research on pathogen population biology suggest disease management strategies? The example of barley scald (*Rhynchosporium commune*). *Plant Pathology*, 64: 1005–1013.
- McDonald, B.A., Zhan, J. and Burdon, J.J. 1999. Genetic structure of *Rhynchosporium secalis* in Australia. *Phytopathology*, 89: 639–645.
- McLean, M.S. and Hollaway, G.J. 2018. Suppression of scald and improvements in grain yield and quality of barley in response to fungicides and host-plant resistance. *Australasian Plant Pathology*, 47: 13–21.
- Mert, Z. and Karakaya, A. 2004. Assessment of the seedling reactions of Turkish barley cultivars to scald. *Journal of Phytopathology*, 152: 190-192.
- Mert, Z., Karakaya A., Çelik Oğuz, A., Azamparsa M.R., Ergün N. and Sayim, İ. 2014. Field Evaluation of Some Turkish Barley Landraces to Scald and Net Blotch of Barley. IWBLD – 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, 64-64.
- Meuwissen, T.H.E., Hayes, B.J. and Goddard, M.E. 2001. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157: 1819–1829.
- Mohd-Assaad, N., McDonald, B.A. and Croll, D. 2016. Multilocus resistance evolution to azole fungicides in fungal plant pathogen populations. *Molecular Ecology*, 25: 6124–6142.
- Mohd-Assaad, N., McDonald, B.A. and Croll, D. 2019. The emergence of the multi-species NIP1 effector in *Rhynchosporium* was accompanied by high rates of gene duplications and losses. *Environmental Microbiology*, 21: 2677–2695.
- Novakazi, F., Göransson, M., Stefánsson, T.S., Jalli, M. and Hallsson, J. H. 2021. Virulence of *Rhynchosporium commune* isolates collected in Iceland. *Journal of Plant Pathology*, 103: 935–942.
- Özdemir, H. Y., Karakaya, A. ve Çelik Oğuz, A. 2017. Kırıkkale ilinde buğday ve arpa ekim alanlarında görülen fungal yaprak hastalıklarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 57(2): 89-112.

- Penselin, D., Münsterkötter, M., Kirsten, S., Felder, M., Taudien, S., Platzer, M., Ashelford, K., Paskiewicz, K. H., Harrison, R. J., Hughes, D. J., Wolf, T., Shelest, E., Graap, J., Hoffmann, J., Wenzel, C., Wöltje, N., King, K. M., Fitt, B. D. L., Güldener, U., Avrova, A. and Knogge, W. 2016. Comparative genomics to explore phylogenetic relationship, cryptic sexual potential and host specificity of *Rhynchosporium species* on grasses. *BMC Genomics*, 17: 953.
- Pickering, R., Ruge-Wehling, B., Johnston, P.A., Schweizer, G., Ackermann, P. and Wehling, P. 2006. The transfer of a gene conferring resistance to scald (*Rhynchosporium secalis*) from *Hordeum bulbosum* into *H. vulgare* chromosome 4HS. *Plant Breeding*, 125: 576–579.
- Ponce-Molina, L.J. 2012. Quantitative trait loci and candidate loci for heading date in a large population of a wide barley cross, *Crop Science*, 52: 2469–2480.
- Read, B.J., Luckett, D.J., Smithard, R.A. and Brown, A.H.D. 1998. Register of Australian winter cereal cultivars *Hordeum vulgare* cv. Tantangara. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38: 207–207.
- Read, B.J., Raman, H., McMichael, G., Chalmers, K.J., Ablett, G.A.ve Platz, G.J. Raman, R., Genger, R.K., Boyd, W.J.R., Li, C.D., Grime, C.R., Park, R.F., Wallwork, H., Prangnell, R. and Lance, R.C.M. 2003. Mapping and QTL analysis of the barley population Sloop × Halcyon. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 1145–1153.
- Rehman, S., Amouzoune, M., Hiddar, H., Aberkane, H., Benkirane, R., Filali-Maltouf, A. and Amri, A. 2021. Traits discovery in *Hordeum vulgare* sbsp. *spontaneum* accessions and in lines derived from interspecific crosses with wild *Hordeum* species for enhancing barley breeding efforts. *Crop Science*, 61(1): 219-233.
- Richards, J., Chao, S., Friesen, T. and Brueggeman, R. 2016. Fine mapping of the barley chromosome 6H net form net blotch susceptibility locus. *G3 Genes Genomes Genetics*, 6: 1809–181.
- Riddle O.C. and Suneson C.A. 1948. Sources and use of scald resistance in barley, *J. Am. Soc. Agron*, 40.
- Riddle, O.C. and Briggs F.N. 1950. Inheritance of resistance to scald in barley, *Hilgardia*, 20: 19–27.
- Robbertse, B., van der Rijst, M., van Aarde, I.M.R., Lennox, C. and Crous, P.W. 2001. DMI sensitivity and cross-resistance patterns of *Rhynchosporium secalis* isolates from South Africa. *Crop Protection*, 20: 97–102.
- Rohe, M., Gierlich, A., Hermann, H., Hahn, M., Schmidt, B.ve Rosahl, S. and Knogge, W. 1995. The race-specific elicitor, NIP1, from the barley pathogen, *Rhynchosporium secalis*, determines avirulence on host plants of the Rrs1 resistance genotype. *The EMBO Journal*, 14: 4168–4177.
- Sallam, A.H., Endelman, J.B., Jannink, J.-L. and Smith, K.P. 2015. Assessing genomic selection prediction accuracy in a dynamic barley breeding population. *The Plant Genome*, 8: 1–15.
- Sayed, H. and Baum, M. 2018. Marker-assisted selection for scald (*Rhynchosporium commune* L.) resistance gene (s) in barley breeding for dry areas. *Journal of Plant Protection Research*, 58.

- Schurch, S., Linde, C.C., Knogge, W., Jackson, L.F. and McDonald, B.A. 2004. Molecular population genetic analysis differentiates two virulence mechanisms of the fungal avirulence gene NIP1. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17: 1114–1125.
- Schürch, S., Linde, C.C., Knogge, W., Jackson, L.F. and McDonald, B.A. 2004. Molecular population genetic analysis differentiates two virulence mechanisms of the fungal avirulence gene NIP1. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17: 1114–1125.
- Seifollahi, E., Shariifnabi, B., Javan-Nikkhah, M. and Linde, C.C. 2018. Low genetic diversity of *Rhynchosporium commune* in Iran, a secondary centre of barley origin. *Plant Pathology*, 67:1725–1734.
- Shipton, W.A., Boyd, W.J.R. and Ali, S.M. 1974. Scald of barley. *Review of Plant Pathology*, 53: 839–861.
- Shoaib, A., Aldaoude A., Arabi M.I.E., Al-Shehadah E. and Jawhar M. 2018. Transcriptome profiling reveals distinct gene activations in barley responding to scald and spot blotch. *Cereal Research Communications*, 46: 490–498.
- Siersleben, S., Penselin, D., Wenzel, C., Albert, S. and Knogge, W. 2014. PFP1, a gene encoding an Epc-N domain-containing protein, is essential for pathogenicity of the barley pathogen *Rhynchosporium commune*. *Eukaryotic Cell*, 13: 1026–1035.
- Silvar, C., Casas, A. M., Kopahnke, D., Habekuß, A., Schweizer, G., Gracia, M. P., Lasa, J. M., Ciudad, F. J., Molina-Cano, J. L., Igartua, E. and Ordon, F. 2010. Screening the Spanish barley core collection for disease resistance. *Plant Breeding*, 129; 45–52,
- Stefansson, T.S., Serenius, M. and Hallsson, J.H. 2012. The genetic diversity of Icelandic populations of two barley leaf pathogens, *Rhynchosporium commune* and *Pyrenophora teres*. *European Journal of Plant Pathology*, 134: 167–180.
- Stefansson, T.S., Willi, Y., Croll, D. and McDonald, B.A. 2014. An assay for quantitative virulence in *Rhynchosporium commune* reveals an association between effector genotype and virulence. *Plant Pathology*, 63: 405–414.
- Steiner-Lange, S., Fischer, A., Boettcher, A., Rouhara, I., Liedgens, H., Schmelzer, E. and Knogge, W. 2003. Differential defense reactions in leaf tissues of barley in response to infection by *Rhynchosporium secalis* and to treatment with a fungal avirulence gene product. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 16: 893–902.
- Taş, B. ve Yürür, N. 2002. Bursa ekolojik koşullarında bazı yabancı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* distichon) çeşitlerinin kimi verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 16 (1): 117-127.
- Thirugnanasambandam, A., Wright, K.M., Atkins, S.D., Whisson, S.C. and Newton, A.C. 2011. Infection of Rrs1 barley by an incompatible race of the fungus *Rhynchosporium secalis* expressing the green fluorescent protein. *Plant Pathology*, 60: 513–521.
- Topp, C.F.E., Hughes, G., Nevison, I.M., Butler, A., Oxley, S.J.P. and Havis, N.D. 2019. *Rhynchosporium* leaf scald disease incidence: seed source and spatial pattern. *Plant Pathology*, 68: 1179–1187.

- Van Leur, J.A.G., Ceccarelli, S. and Grando, S. 1989. Diversity for disease resistance in barley landraces from Syria and Jordan. *Plant Breeding*, 103: 324–335.
- Von Korff, M., Wang, H., Léon, J. and Pillen, K. 2005. AB-QTL analysis in spring barley. I. Detection of resistance genes against powdery mildew, leaf rust and scald introgressed from wild barley. *Theoretical and Applied Genetics*, 111: 583–590.
- Walters, D. R., Avrova, A., Bingham, I. J., Burnett, F. J., Fountaine, J., Havis, N. D., Hoad, S.P., Hughes, G., Looseley, M., Oxley, S.J.P., Renwick, A., Topp, C.F.E. and Newton, A.C. 2012. Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach. *European Journal of Plant Pathology*, 133: 33-73.
- Wang, Y., Gupta, S., Wallwork, H., Zhang, X.-Q., Zhou, G., Broughton, S., Loughman, R., Lance, R., Wu, D., Shu, X. and Li, C. 2014. Combination of seedling and adult plant resistance to leaf scald for stable resistance in barley. *Molecular Breeding*, 34: 2081–2089.
- Wevelslep, L., Ruppig, E. and Knogge, W. 1993. Stimulation of barley plasmalemma H⁺-ATPase by phytotoxic peptides from the fungal pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Plant Physiology*, 101: 297–301.
- Xue, G. and Hall, R. 1991. Components of parasitic fitness in *Rhynchosporium secalis* and quantitative resistance to scald in barley as determined with a dome inoculation chamber. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 13: 19–25.
- Yitbarek, S. 1998. Variation in Ethiopian barley landrace populations for resistance to barley leaf scald and netblotch. *Plant Breeding*, 117: 419–423.
- Zaffarano P.L., McDonald B.A. and Linde C.C. 2009. Phylogeographical analyses reveal global migration patterns of the barley scald pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Molecular Ecology*, 18.
- Zaffarano, P.L., McDonald, B.A. and Linde, C.C. 2011. Two new species of *Rhynchosporium*. *Mycologia*, 103: 195–202.
- Zaffarano, P.L., McDonald, B.A., Zala, M. and Linde, C.C. 2006. Global hierarchical gene diversity analysis suggests the Fertile Crescent is not the center of origin of the barley scald pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Phytopathology*, 96: 941–950.
- Zantinge, J., Xue, S., Holtz, M., Xi, K. and Juskiw, P. 2019. The identification of multiple SNP markers for scald resistance in spring barley through restriction-site associated sequencing. *Euphytica*, 215: 8.
- Zencirci, N. and Hayes, P. M. 1990. Effect of scald (*Rhynchosporium secalis*) on yield components of twelve winter barley genotypes. *Journal of Turkish Phytopathology*, 82: 798-803.
- Zhan, J., Fitt, B.D.L., Pinnschmidt, H.O., Oxley, S.J.P. and Newton, A.C. 2008. Resistance, epidemiology and sustainable management of *Rhynchosporium secalis* populations on barley. *Plant Pathology*, 57: 1–14.
- Zhan, J., Linde, C.C., Jürgens, T., Merz, U., Steinebrunner, F. and McDonald, B.A. 2005. Variation for neutral markers is correlated with variation for quantitative traits in the plant pathogenic fungus *Mycosphaerella graminicola*. *Molecular Ecology*, 14: 2683–2693.

- Zhang X., Ovenden, B. and Milgate, A. 2020. Recent insights into barley and *Rhynchosporium commune* interactions. *Molecular Plant Pathology*, 21: 1111–1128.
- Zhang, Q., Webster, R.K., Crandall, B.A., Jackson, L.F. and Saghai Maroof, M.A. 1992. Race composition and pathogenicity associations of *Rhynchosporium secalis* in California. *Phytopathology*, 82: 798–803.
- Zhang, X. 2019. Bivariate analysis of barley scald resistance with relative maturity reveals a new major QTL on chromosome 3H. *Scientific Reports*, 9: 1–11.
- Zhang, X., Shabala, S., Koutoulis, A., Shabala, L. and Zhou, M. 2017. Meta-analysis of major QTL for abiotic stress tolerance in barley and implications for barley breeding. *Planta*, 245: 283–295.
- Zhu, C., Gore, M., Buckler, E.S. and Yu, J. 2008. Status and prospects of association mapping in plants. *The Plant Genome*, 1: 5–20.



Önemli Bir Fitopatojen Bakteri Cinsi: *Xanthomonas*^A

Gökhan ERARSLAN¹, Aziz KARAKAYA^{2*}

Öz: Bitki bakteriyel hastalıkları arasında en yaygın ve yıkıcı kayıplara sebep olan bakteri cinslerinden birisi *Xanthomonas* türlerinin içinde bulunduğu gruptur. *Xanthomonas* cinsi, çok çeşitli konukçuları etkileyen, ekonomik zarara neden olan önemli birçok bitki patojeni türü içerir. Çoğu tür, bitki, tohum ve gıda ticareti üzerinde küresel, ekonomik ve çevresel etkiye sahip bitki hastalıklarından sorumludur. Konukçu bitkilerin meyve, yaprak ve gövdeleri üzerinde nekroz, kanser, leke ve yanıklık gibi çeşitli hastalık belirtilerine neden olurlar. *Xanthomonas* cinsi fitopatolojik açıdan çeşitlilik durumu ve fenotipik farklılıkları açısından önemli bir cinstir. Üründe kalite ve verim kaybı oluşturması sonrası ortaya çıkan ekonomik zarar açısından geniş taksonomik ve bilimsel çalışmalara konu olmuştur. Bu derlemede, *Xanthomonas* cinsinin önemi, genel olarak tanımı, biyolojisi, taksonomisi, epidemiyolojisi, konukçu patojen ilişkileri, tanı yöntemleri ve mücadele olanakları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Xanthomonas*, Gram-negatif, Patojen, Fitopatojen.

Xanthomonas: An Important Genus of Phytopathogenic Bacteria

Abstract: One of the bacterial genera that causes the most common and devastating losses among plant bacterial diseases is the group that includes *Xanthomonas* species. The genus *Xanthomonas* contains many important species of plant pathogens that affect a wide range of hosts, causing economic damage. Many species are

^A Yapılan bu çalışma etik kurulu izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın ilkelerine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında bir çıkar çatışması yoktur. Yazar katkı oranları eşittir.

^{2*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Dışkapı, 06110, Ankara, Türkiye, karakaya@agri.ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3019-9009](https://orcid.org/0000-0003-3019-9009)

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Dışkapı, 06110, Ankara, Türkiye, gokhanerarslan@outlook.com, [OrcID 0000-0002-4801-2807](https://orcid.org/0000-0002-4801-2807)

responsible for plant diseases that have a global, economic and environmental impact on the plant, seed and food trade. They cause various disease symptoms such as necrosis, canker, spots and blight on the fruits, leaves and stems of host plants. The genus *Xanthomonas* is an important genus in terms of phytopathological diversity and phenotypic differences. It has been the subject of extensive taxonomic and scientific studies in terms of the economic damage caused by the loss of quality and productivity in the crop. In this review, the importance of the *Xanthomonas* genus, its general definition, biology, taxonomy, epidemiology, host-pathogen relationships, diagnostic methods and control possibilities are discussed.

Keywords: *Xanthomonas*, Gram-negative, Pathogen, Phytopathogen.

Giriş

Bitkilerde hastalık meydana getiren 100’ü aşkın tanımlanmış bakteri cinsi vardır. Bunlar arasında; *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Clavibacter*, *Agrobacterium*, *Ralstonia*, *Pseudomonas*, *Xylella*, *Streptomyces* gibi cinslere ait türler ön plana çıkmaktadır (Mansfield ve ark., 2012).

Xanthomonas (Latince; “sarı” anlamına gelen xanthos ve “varlık” anlamına gelen monas), Gram-negatif bitki patojeni bakterilerin en önemli cinslerinden biri olarak dünya çapında ekonomik açıdan önemli tarımsal ürünleri ciddi şekilde etkilemektedir (Bellanger ve ark., 2022). *Xanthomonas* cinsi bakterilerin kolonilerine özgü sarı renk Şekil 1’deki gibidir.



Şekil 1. Sükroz Pepton Agar (SPA) üzerinde gelişen *Xanthomonas* kolonileri (Anonim, 2023a)

Cinsin bitki patojeni üyeleri, dünya çapında ekonomik açıdan önemli birçok tarımsal ürün de dahil olmak üzere, 400 den fazla konukçu bitkide hastalığa neden olmaktadır (Bellanger ve ark., 2022). *Xanthomonas* türlerinin neden olduğu tipik hastalık belirtileri nekroz, kloroz, solgunluk, bodurluk, çürüklük ve kanser şeklinde görülür (Rudolph, 1993). *Xanthomonas* cinsine dahil türlerin küçük bir grubu epifit ve saprofit olmasına karşılık büyük çoğunluğu bitki patojenleridir (Goto, 1992).

Tarihçe ve Taksonomi

Xanthomonas geleneksel olarak bitki patojeni bakterilerin bir cinsi olarak bilinir. *Xanthomonas* cinsi bir bakterinin neden olduğu bitki hastalığına ilişkin ilk rapor 1883 yılına dayanmaktadır (Wakker, 1883; Vauterin ve ark., 1993). Daha sonra, dünya çapında çeşitli hastalıklara sahip bitkilerden izole edilen benzer birçok bakteri, 1930'da Manual of Bacterial Plant Pathogens'in ilk baskısında *Phytomonas* ve ardından 1939'da Dowson tarafından *Xanthomonas* olarak adlandırılmıştır (Starr, 1983).

Xanthomonas cinsinin sınıflandırılması, 1970'li yıllara kadar yeni bir konukçu bitkiden izole edilen bitki patojeninin *Xanthomonas*'ın yeni bir türü olarak sınıflandırıldığı "yeni konukçu-yeni tür" kavramına göre belirlenmekte idi. 1974'e kadar, bu yöntem ile 100'den fazla *Xanthomonas* türü tanımlanmıştır (Vauterin ve ark., 1993). Dye ve Lelliott (1974) yaptıkları bir çalışma ile birlikte, *Xanthomonas*'ları 5 türe indirgemiş ve eski türlerin büyük çoğunluğunu *X. campestris* patovarı olacak şekilde sınıflandırmışlardır. Tür sayısında meydana gelen bu azalma, türleri birbirinden ayırmayı zorlaştırmıştır (Dye ve Lelliott, 1974). Daha sonra, özellikle belirli konukçular için patojen türlerin isimlendirilmesine yönelik bitki patologlarının pratik ihtiyacını karşılamak için özel amaçlı bir terminoloji oluşturulmuştur (Dye ve ark., 1980). Bu doğrultuda, hemen hemen tüm eski *Xanthomonas* türleri, *X. campestris* patovarı olarak yeniden isimlendirilmiştir. Ancak 1995 yılından sonra DNA-DNA hibridizasyonu gibi moleküler yöntemler, *Xanthomonas* cinsi için de ilk büyük yeniden sınıflandırmaya neden olmuştur (Vauterin ve ark., 1995).

Xanthomonas, büyük DNA-DNA hibridizasyonu, RFLP ve REP-PCR veri setlerinin bulunduğu ve bu verilerin grubun taksonomik çözünürlüğü için kullanıldığı birkaç bakteri cinsinden birisidir (Egel ve ark., 1991). Ayrıca, cinste ondan fazla genomun bulunması (Ryan ve ark., 2011), karşılaştırmalı genomik ve genom evrimi çalışmalarının son zamanlarda yapılmasına olanak sağlamıştır (Moreira ve ark., 2010).

Xanthomonas spp. için genom dizilerinin çoğunun mevcudiyeti, farklı türler arasındaki genel ilişkilerin klasik olarak kullanılan çoklu lokus dizi tiplemesi ötesinde anlaşılmasını genişletmiştir. Temsili suşlar arasındaki ortalama nükleotid özdeşliği, suşların türlere göre sınıflandırılmasında bir kriter olarak kullanılmıştır. (Konstantinidis ve Tiedje 2005). Daha büyük tür kompleksleri olan sp. *axonopodis*, ve sp. *campestris*'te çeşitli taksonomik revizyonlar önerilmiştir. *Xanthomonas*'taki tür adlandırması konukçu özgüllüğüne dayandırılmış olsa da, tüm genom karşılaştırmaları bazı türlerin yeniden tanımlanmasına yol açmıştır. Örneğin, *Xanthomonas gardneri* ve *Xanthomonas cynarae* son zamanlarda tek bir türe yerleştirilmiştir (Timilsina ve ark., 2019). Ayrıca, Florida'da Su Teresi'nden *Xanthomonas* (*Xanthomonas nasturtii* sp. nov. ve *Xanthomonas floridensis* sp. nov.) türleri tanımlanmıştır. Domates ve/veya biberiye bitkilerini enfekte eden yakından ilişkili türlerin çeşitli suşlarının genomlarının dizilimleri, yakından ilişkili türlerin farklı suşları arasında sıkça genetik değişimden kaynaklanan melez suşların karışımını göstermiştir (Barak ve ark., 2002; Jibrin vd. 2018). Bu hibrit suşlar, ortalama nükleotid kimliğine (ANI) dayanan mevcut taksonomik tanımlara bir zorluk oluşturmaktadır. ANI değerleri %96'nın üzerinde olsa da, bu suşlar birçok fenotipik teste farklılık göstermektedir.

İki genom dizisi arasındaki ortalama nükleotid kimliği (ANI) ve dijital DNA-DNA hibridizasyonu (dDDH) hesaplaması ve çekirdek gen filogenilerinin inşası, yeni türlerin karakterizasyonu için faydalı araçlar olarak

ortaya çıkmıştır (Bansal ve ark., 2021). Biyokimyasal analiz ile birleştirildiğinde, genom tabanlı taksonomi, *Xanthomonas* cinsindeki yeni türlerin tanımlanmasının yanı sıra mevcut suşların yeniden sınıflandırılması için güçlü bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır (Martins ve ark., 2020)

Zaman içerisinde *Xanthomonas* cinsine yönelik birçok taksonomik ve filogenetik çalışma yapılmıştır. *Xanthomonas* cinsi, *Bacterium vesicatorium*'un biber ve domates üzerindeki bakteriyel lekeye neden olan etmen olarak tanımlanmasıyla başlayan (Doidge, 1921) ve *Xanthomonas campestris* olarak yeniden sınıflandırılmasıyla devam eden çok sayıda taksonomik ve filogenetik çalışmaya konu olmuştur (Rodriguez ve ark., 2012). *Xanthomonas* ilk olarak monotipik bir cins olarak tanımlanmış, daha sonra A ve B olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Stall ve ark., 1994). Sonraki bir çalışma (Vauterin ve ark., 1995), rapor edilen 183 suşu esas olarak DNA-DNA hibridizasyon verilerine dayanarak 20 farklı türe ayırmıştır. O zamandan beri, polifazik analize dayalı genel bir sınıflandırma oluşturulmuştur (Vauterin ve ark., 1995). Diğer analizler ise esas olarak Çoklu Lokus Dizi Analizi (MLSA) ve Güçlendirilmiş Parça Uzunluğu Polimorfizmi (AFLP) kullanılarak spesifik sınıflardaki sınıflandırmanın açıklığa kavuşturulmasına yardımcı olmuştur (Rodriguez ve ark., 2012). Bu, tek lokus analizlerinin sınırlarını gösterirken (Sawada ve ark., 2011), cinsin çeşitliliğini ve karmaşıklığını ortaya koyan (Valverde ve ark., 2007) çeşitli tiplendirme ve karakterizasyon araçlarının (örneğin, Moreira ve ark., (2010) geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Ancak, son on yılda bu cinsin taksonomisi hala ciddi tartışmalara konu olmuş olup cins çapında yeniden sınıflandırmalar önerilmiştir (Schaad ve ark., 2006) ve alt-spesifik yeniden sınıflandırmalar ve yeni türler için öneriler yayınlanmıştır (Young ve ark., 2010).

Bitki patojeni *Xanthomonas* türlerinin sınıflandırılması, yıllar boyunca sayısız revizyona tabi olan karmaşık bir mesele olmuştur (Jones ve ark., 2004). Cins şu anda toplamda 53, geçerli olarak ise tanımlanmış 38 tür içermektedir. *Xanthomonas* cinsi alt türlere (alt türler; genetik kriterlere göre) veya patovarlara (pv) ayrılmıştır (Anonim, 2023b). NCBI taksonomi tarayıcısından elde edilen verilere göre *Xanthomonas* cinsinin bilimsel sınıflandırması Çizelge 1'de verilmiştir. *Xanthomonas* cinsine ait türler ise Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca, An ve ark., (2020) yaptıkları bir çalışmada, NCBI Taksonomi tarayıcısından aldıkları ve 'genom dizilimlerine sahip' olarak filtreledikleri takson isimleri listesini ve iTOL (Interactive Tree Of Life) yazılımını kullanarak Şekil 2'de bulunan filogenetik ağacı oluşturmuşlardır.

Leyns ve ark., (1984) tarafından tarif edildiği gibi tanımlanan çeşitli *Xanthomonas* türlerinin konukçuları olarak 124 tek çenekli ve 268 çift çenekli bitki listelenmiştir. Bununla birlikte, tek tek izolatların hastalığa neden olma kabiliyeti, dar konukçu aralıkları ve/veya doku özgüllükleri nedeniyle sınırlıdır. Bitki patojeni bakterilerin konukçu aralığına ilişkin bu yararlı bilgi, farklı konukçu türlerinde aynı hastalığa neden olan izolat/ırk gruplandırma 'patovar' adı verilen alt-özgül birimlere çevirmektedir (Dye ve ark., 1980). Patovar sıralamasının taksonomik bir konumu olmamakla birlikte bitki patologları ve düzenleme amaçları için pratiklik sağlamaktadır (Bull ve ark., 2008). Bu cinsin çeşitli türleri içinde en az 125 patovar tanımlanmıştır (Vauterin ve ark., 1995).

***Xanthomonas*'ların Teşhisi ve Karakterizasyonu**

Xanthomonas türlerinin teşhisinde kullanılan yöntemler, spesifik besi ortamlarında gelişen kolonilerin morfolojik ve fizyolojik karakterizasyonu, biyokimyasal testler, enzim bağlı immün analiz (ELISA), immünofloresan yöntemler ve yağ asidi analizleridir. Ancak, düşük hassasiyette ve pahalı olan bu testler zaman kaybına sebep oldukları ve yanlış pozitif sonuçlar verebildikleri için daha az kabul görmektedirler (Bouzar ve ark., 1994). Son yıllarda DNA tabanlı yaklaşımlar, özellikle PCR tabanlı teknikler, *Xanthomonas*'lar da dahil olmak üzere bitki patojeni bakterilerin karakterizasyonu ve taksonomisinde faydalı olmuştur (Vauterin ve ark., 1995).

***Xanthomonas* Cinsi Bakterilerin Morfolojik Özellikleri**

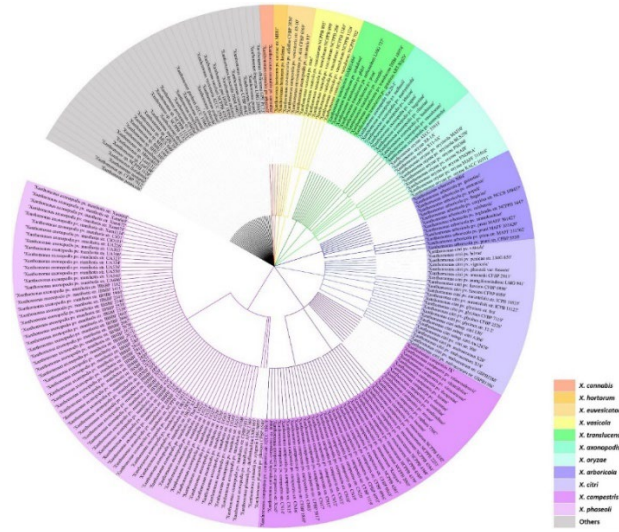
Xanthomonas türleri, boyutları 0.4 µm ila 1.0 µm x 1.2 µm ila 3.0 µm arasında değişen, gram negatif, aerobik, çubuk şeklinde ve tek kamçıya sahip bakterilerdir (Schaad ve ark., 2001) (Şekil 3). Bununla birlikte, hücre uzunluğu suşlar içinde bile değişebilir. Hücreler, polar bir flagellum ile hareketlidir (Şekil 3, Şekil 4) ve hücre dışı polisakkarit (EPS) balçık, xanthan ile çevrilidir (Şekil 4). Bu cinsin bakterileri sporlar, kılıflar, uzantılar veya tomurcuklar oluşturmaz. Xanthomonadin adı verilen sarı pigmentler ve mukoid bir kültürle sonuçlanan bir ekzopolisakkarit olan xanthan bu cinsin karakteristiğidir (Belete ve Baştaş, 2017).

Çizelge 1. NCBI Taksonomi tarayıcısından elde edilen verilere göre *Xanthomonas* spp.'nin bilimsel sınıflandırılması

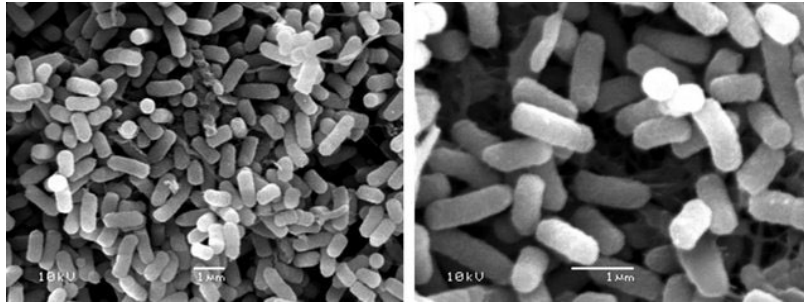
<u>Alem</u>	Bacteria
<u>Şube</u>	<i>Pseudomonadota</i>
<u>Sınıf</u>	<i>Gammaproteobacteria</i>
<u>Takım</u>	<i>Xanthomonadales</i>
<u>Familya</u>	<i>Xanthomonadaceae</i>
<u>Cins</u>	<i>Xanthomonas</i>

Çizelge 2. Prokaryot'ların bilimsel sınıflandırılması (LPSN)'na göre geçerli olarak tanımlanmış *Xanthomonas* türleri ve konukçuları (Anonim, 2023b)

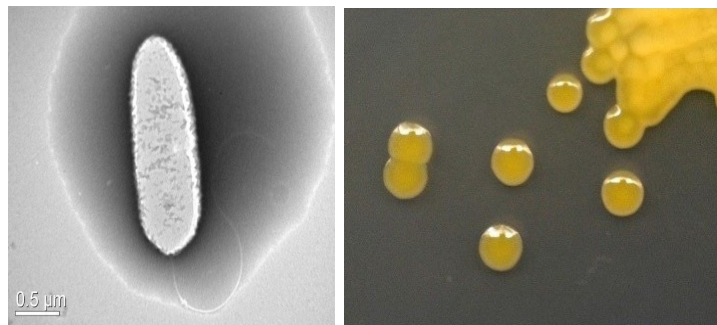
NO	TÜR	KONUKÇU
1	<i>Xanthomonas albilineans</i>	Şeker kamışı (<i>Saccharum officinarum</i>)
2	<i>Xanthomonas alfalfae</i>	Yonca (<i>Medicago sativa</i>)
3	<i>Xanthomonas ampelina</i>	Asma (<i>Vitis</i> spp.)
4	<i>Xanthomonas arboricola</i>	Sert çekirdekli (Prunus spp.)
5	<i>Xanthomonas axonopodis</i>	Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
6	<i>Xanthomonas bonasiae</i>	Sarkık dallı huş (<i>Betula pendula</i>)
7	<i>Xanthomonas bromi</i>	Kılçıksız brom (<i>Bromus inermis</i>)
8	<i>Xanthomonas campestris</i>	Turpgiller (<i>Brassicaceae</i>)
9	<i>Xanthomonas cassavae</i>	Cassava (<i>Manihot</i> spp.)
10	<i>Xanthomonas cissicola</i>	Japon yabani asması (<i>Cissus japonica</i>)
11	<i>Xanthomonas citri</i>	Turunçgiller (<i>Citrus</i>)
12	<i>Xanthomonas codiae</i>	Kroton (<i>Codiaeum variegatum</i>)
13	<i>Xanthomonas cucurbitae</i>	Kabakgiller (<i>Cucurbitaceae</i>)
14	<i>Xanthomonas cynarae</i>	Enginar (<i>Cynara scolymus</i>)
15	<i>Xanthomonas dyei</i>	Trabzon Hurması (<i>Diospyros kaki</i>)
16	<i>Xanthomonas euroxanthea</i>	Ceviz (<i>Juglans regia</i>)
17	<i>Xanthomonas euvesicatoria</i>	Acı biber (<i>Capsicum frutescens</i>)
18	<i>Xanthomonas floridensis</i>	Su teresi (<i>Nasturtium officinale</i>)
19	<i>Xanthomonas fragariae</i>	Çilek (<i>Fragaria chiloensis</i> var. <i>ananassa</i>)
20	<i>Xanthomonas gardneri</i>	Biber (<i>Capsicum annuum</i>)
21	<i>Xanthomonas hortorum</i>	Kemer sardunyası (<i>Pelargonium hortorum</i>)
22	<i>Xanthomonas hyacinthi</i>	Bahçe sümbülü (<i>Hyacinthus orientalis</i>)
23	<i>Xanthomonas hydrangeae</i>	Ortanca çiçeği (<i>Hydrangea arborescens</i>)
24	<i>Xanthomonas maliensis</i>	Çeltik (<i>Oryza sativa</i>)
25	<i>Xanthomonas melonis</i>	Kavun (<i>Cucumis melo</i>)
26	<i>Xanthomonas nasturtii</i>	Su teresi (<i>Nasturtium officinale</i>)
27	<i>Xanthomonas oryzae</i>	Çeltik (<i>Oryza sativa</i>)
28	<i>Xanthomonas perforans</i>	Biber (<i>Capsicum annuum</i>)
29	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
30	<i>Xanthomonas pisi</i>	Bezelye (<i>Pisum sativum</i>)
31	<i>Xanthomonas populi</i>	Balsam kavağı (<i>Populus candicans</i>)
32	<i>Xanthomonas prunicola</i>	Nektarin (<i>Prunus persica</i> var. <i>nectarina</i>)
33	<i>Xanthomonas sacchari</i>	Şeker kamışı (<i>Saccharum officinarum</i>)
34	<i>Xanthomonas theicola</i>	Çay (<i>Camellia sinensis</i>)
35	<i>Xanthomonas translucens</i>	Buğdaygiller (<i>Poaceae</i>)
36	<i>Xanthomonas vasicola</i>	Habeş muzu (<i>Ensete ventricosum</i>)
37	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	Patlıcangiller (<i>Solanaceae</i>)
38	<i>Xanthomonas youngii</i>	Sarkık dallı huş (<i>Betula pendula</i>)



Şekil 2. *Xanthomonas* cinsinin NCBI taksonomisine dayalı filogenetik ağacı (An ve ark., 2020)



Şekil 3. *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* hücrelerinin tarama electron mikroskobu görüntüsü (Queiroz ve ark., 2016)



Şekil 4. *Xanthomonas*'ın morfolojik özellikleri (Belete ve Baştaş, 2017)

***Xanthomonas* Cinsi Bakterilerin Fizyolojik ve Kültürel Özellikleri**

Gelişmeleri için optimum sıcaklık 25-27 °C aralığındadır. 40 °C nin üzerinde ve 5 °C nin altında gelişme gözlenmemektedir (Sharma, 1999). Yeast Dextrose Calcium Carbonat Agar (YDCA) besiyeri üzerinde mukoid,

konveks ve sarı koloni oluştururlar (Vauterin ve ark., 1993). YDCA besiyeri, en iyi sarı pigment verme özelliği gösterdiği için *Xanthomonas* 'ların izolasyonunda tercih edilmektedir. Bir Lauryl Broth Agar (LBA) besiyerinde tipik olarak, 2-5 mm çapında, mukoid veya yağlı, ortası kabarık ve kenar boşlukları olan koloni oluştururlar (Sharma, 1999). *Xanthomonas* türleri King B besi yerinde floresan pigment oluşturmayan bakterilerdir. Glikoz içeren ortamlarda xanthan isimli ekstraselüler polisakkarit üretirler (Schaad ve ark., 2001). Selülitik *Xanthomonas* spp. türleri CMC-E ortamında dairesel, yassı, kırmızımsı mor koloniler şeklinde gelişmektedir (Gitaitis ve ark., 1991). Tween B besi yerine ekilen izolatların 4 gün 24°C'de inkübasyonundan sonra dairesel kabarık sarı renkte ve etrafında beyaz bir zon oluşumu gözlenir (McGuire ve ark., 1986). Yeast Extract Dekstroz Kalsiyum Karbonat Agar (YDCA) besiyerinde mukoid, dışbükey ve sarı koloni oluştururlar (Şekil 5). Çoğu, büyük miktarlarda hücre dışı polisakkarit üretir (Belete ve Baştaş, 2017).



Şekil 5. YDCA üzerinde sarı pigment oluşturan *Xanthomonas arboricola* (Bafandeh ve ark., 2019)

***Xanthomonas* Cinsi Bakterilerin Teşhisinde Kullanılan Biyokimyasal Testler**

Enzimatik reaksiyonlar, büyüme için özel ihtiyaçlar ve substratların kullanımı çeşitli bakteriler arasında farklılık gösterir. Bu farklılıklar kullanılarak bakteriler teşhis edilebilmektedir. Biyokimyasal testler, cins ve türlerin tanımlanması için yeterli veriyi sağlasa da, bu testler genellikle maliyetli olup zaman alırlar. Biyokimyasal testler için malzemeler ve yöntemler çeşitli kitaplarda ve el kitaplarında verilmiştir ve fitopatogenik bakterilerin daha kesin bir şekilde tanımlanması için karakterlerin tanımları Bergey's Manual of Determinative Bacteriology kitabında sunulmuştur (Bergey ve Holt, 1994).

Xanthomonas cinsi bakterilerin tanısında kullanılan biyokimyasal testler arasında Gram reaksiyonu, oksidaz reaksiyonu, nitrat indirgemesi, üreaz üretimi, 36°C'de gelişme ve Tween 80 hidrolizi, glikozun oksidatif ve fermentatif metabolizması, jelatin sıvılaşması, nişasta hidrolizi, sisteinden H₂S üretimi, %5 NaCl'de gelişme, süt proteinlerinin sindirimi, tütünde aşırı duyarlılık reaksiyonu, Litmus milk denemesinde etki ve sukroz pepton agarda (SPA) mukoid büyüme, glikoz yeast karbonat agar (GYCA) ve YDC de gelişme, buz çekirdeklenme aktivitesi ve eskülin hidrolizi gibi testler bulunmaktadır (Fahy ve Persley, 1983; Klement ve ark., 1990; Schaad ve ark., 2001). *Xanthomonas* cinsi bakterilerin bazı biyokimyasal testlere verdiği sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

***Xanthomonas* Cinsi Bakterilerin Teşhisinde Kullanılan Serolojik Yöntemler**

Enzime Bağlı İmmüno-sorbent Testi (ELISA) ve İmmünofloresan (IF) gibi tekniklerin farklı formatları kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Hampton ve ark., 1990). Herhangi bir serolojik tekniğin başarısı, antiserumun özgüllüğüne ve duyarlılığına ve serolojik reaksiyonu büyütme ve gözlemlemek için kullanılan yöntemlere bağlıdır (Stead, 1992).

Çizelge 3. *Xanthomonas* cinsi bakterilerin bazı biyokimyasal testlere verdiği sonuçlar

Testler	Vauterin ark., (1995)	ve (Schaad ve ark., 2001).	ve ark., Sharma ve ark., 2014	Van den Mooter ve Bergey ve Swings (1990)	ve Holt, 1994
Gram reaksiyon	-	-	-	-	-
4 °C-37 °C arası gelişme	+	+	+	+	+
Levan oluşumu	+	+	+	+	+
Oksidaz reaksiyonu	-	-	-	-	-
Katalaz testi	+	+	+	+	+
Aerobik gelişim testi	+	+	+	+	+
Jelatinin hidrolizi		+			
Mukoid gelişim	+			+	
Sisteinden H ₂ S üretimi			+	+	
Tütünde aşırı duyarlılık	+				
Eskulin hidrolizi				+	
Nitrat redüksiyonu	-	-			-
NaCl toleransı					
Niştastanın hidrolizi			+		
Üreaz üretimi	-				
İndol üretimi	-				
Litmus milk'te alkali reaksiyon	+		+	+	

Xanthomonas suşlarının tespiti ve tanımlanması için farklı seroloji formatları kullanılmış olmasına rağmen, bu tekniklerin bazı dezavantajları vardır (Duveiller ve Bragard, 1992). Algılama eşiği nispeten düşük olup yaklaşık olarak 1×10^5 cfu ml⁻¹ civarındadır (Alvarez, 2001). Wang ve ark., (1999), ELISA ve DIA'yı (immünobağlayıcı analiz), şeker kamışı patojeni olan *X. albilineans*'ın tespiti için PCR bazlı bir tanımlama tekniği ile karşılaştırdıklarında serolojik yöntemlerin 10^{5-6} cfu ml⁻¹ civarında en az duyarlılığa sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çeşitli laboratuvarlar tarafından sağlanan antiserumların kalitesi de farklılık gösterebilmektedir. Bazı antiserumlar, özellikle poliklonal antikorlar çapraz reaktivite gösterir, dolayısıyla güvenilir bir teşhis için monoklonal antikorların daha yüksek özgüllüğü gerekir (Schaad ve ark., 2001).

Monoklonal antikorların seçimi ve hazırlanması da zaman alıcı olup pahalıdır ve kapsamlı eğitim gerektirir. Bouzar ve ark., (1994), seçtikleri monoklonal antikorların, *X. campestris* pv. *vesicatoria*'nın tanımlanmasında faydalı olduğunu, ancak diğer patovaryetlerle reaksiyon gösterdiğini ve çapraz reaksiyonun yüksek derecede heterojen patojenler için kaçınılmaz olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde McDonald ve Wong (2001), monoklonal bir antikor kullanarak *X. populi*'nin serolojik tanısının özgüllüğünde yararlı bir gelişme elde etmiştir.

Ancak bu antikor, patojenin pv. *populi* ve pv. *salicis* arasında ayırt edilmesini sağlayamamıştır. Bragard ve Verhoyen (1993) aynı zamanda poliklonal antiserumlarla karşılaştırıldığında, monoklonal antikorlarla tahıllar üzerinde patojenik olan *Xanthomonas*'ların hassas bir şekilde tanımlandığını ancak monoklonal antikorların farklı patovaryolar arasında ayırım yapamadığını bildirmiştir.

Yağ Asidi Metil Ester (FAME) Analizi

Yağ asitlerini içeren lipitler bakteri hücresinin fonksiyonel bir parçasıdır. Lipitler, bakteriler arasında çeşitli yapıya sahiptirler ve Gram pozitif bakterilerde sitoplazmik membranla, Gram negatif bakterilerde ise sitoplazmik ve dış membranla ilişkilidirler (Neidhardt ve ark., 1990). Bakteriyel yağ asitlerinin hem kalitesi hem de miktarındaki çeşitlilik, doğru bir tanımlama yönteminin temelini oluşturmaktadır (Sasser, 1990). Yağ asitlerinin metil ester formunun gaz kromatografisi, profillerin bilgisayar destekli analiziyle birleştiğinde, bakterileri tür içi düzeyde bile tanımlamak ve sınıflandırmak için hızlı ve doğru bir tekniktir (Janse ve ark., 1992).

Xanthomonas'ların çok belirgin profilleri vardır ve bunlar arasında 50'ye kadar yağ asidi bulunur. Bunların çoğu dallı zincir asitlerdir ve tüm suşlar 12:0 3OH, 11:0 iso 3OH ve 13:0 iso 3OH'ye sahiptir. *Xanthomonas* suşlarının profilleri arasındaki varyasyon, patovaryo seviyesinde bile, örneğin *X. campestris* pv. *oryzae* ve pv. *oryzicola*, kesin bir belirleme sağlayacak kadar büyüktür. Bu yaklaşım, fitopatogenik *Xanthomonas*'ların teşhisi ve taksonomisi üzerine yapılan araştırmalarda kullanılmıştır (Chase ve ark., 1992). Vauterin ve ark., (1992), *Poaceae* üyelerini enfekte eden *Xanthomonas*'ları ayırt etmek için bu tekniği (FAME), SDS-PAGE ve DNA:DNA hibridizasyonu ile birleştirmiştir. Yapılan bir çalışmada çilekte yeni bir hastalık üzerinde yapılan polifazik bir çalışmada FAME analizi kullanılmış ve bilinmeyen suşların, yağ asidi analizi açısından yaprak lekeli hastalığının etmeni olan *X. fragariae*'den farklı, homojen bir grup oluşturduğu gösterilmiştir (Janse ve ark., 2001).

Xanthomonas Cinsi Bakterilerin Moleküler Teşhisi

Xanthomonas türlerinin tanısında biyokimyasal testler, morfolojik karakterizasyon, immüno floresan yöntemler, yağ asidi analizleri ve ELISA gibi yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, bazen pahalı olabilen bu testlerin hassasiyeti değişebilmekte, vakit kaybı olabilmekte ve yanlış pozitif sonuçlar görülebilmektedir (Ravikumar ve Khan, 2002). *Xanthomonas* tür teşhislerinde de PCR kullanılabilmekte olup son yıllarda Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)'a dayalı yöntemler öne çıkmaktadır (Kizheva ve ark., 2013).

Moleküler markırlar bakterilerin moleküler tanımlanması ve genetik farklılık çalışmalarında kullanılabilmektedir. Genetik farklılığın tespitinde, RAPD, ISSR, AFLP ve SSR gibi markırlar kullanılabilmektedir (Kıran ve Osmanoğlu, 2011).

Bilinen birçok moleküler yaklaşımdan, 16S rRNA veya onun geni (16S rDNA) temelli yöntemlerin bakteriyel tanımlamada güvenilir ve etkili olduğu belirlenmiştir. Bu, rRNA'yı filogenetik analiz için son derece bilgilendirici hale getirmektedir (Gurunathan ve ark., 2014).

Xanthomonas türlerinin sınıflandırılmasında DNA-DNA hibridizasyonu, yağ asidi profili oluşturma, Rep-PCR ve 16S rRNA gen dizilimi kullanılabilir (Stead, 1989; Vauterin ve ark., 1990).

GyrB sekansları ile, aynı *gyrB* sekansları ile bir tür kompleksi oluşturan *X. euvesicatoria*, *X. perforans* ve *X. alfalfae* hariç tüm *Xanthomonas* strainleri ayırt edilebilmektedir (Parkinson ve ark., 2009).

Ertekin ve ark., (2021) *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'nin moleküler tanı çalışmasında touchdown koloni PCR metodundan faydalanmışlardır. Bu çalışmada XapMeF ve XapMeR primerleri kullanılmıştır.

Icoz ve ark., (2014) Antalya ilinde yetiştirilen nar ağaçlarında yaptıkları survey çalışmalarında, yağ asit metil ester özellikleri (FAME) ve 16S bölgesine ait spesifik primer çiftleri kullanarak nar meyvelerinde ve yapraklarında belirtilere neden yanıklık hastalığı etmenini *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae* olarak tanılamışlardır.

Baştaş ve ark., (2011), *Xanthomonas translucens*'in PCR ile moleküler tanısı için spesifik 139 bp'lik fragmentin amplifikasyonu için T1 ve T2 primerleri kullanmışlardır.

Öztürk ve Aksoy (2018), 16S rDNA sekanslama çalışmaları sonucunda, fasulye üretim alanlarında adi yanıklığa sebep olan 8 adet *X. axonopodis* pv. *phaseoli* izolatu tanılamışlardır. *X. axonopodis* pv. *phaseoli* için metiltransferaz homologue M.XphI (xphIM) ve restriksiyon endonükleaz homologue R.XphI (xphIR) genlerini hedeflemek üzere XapF R primerleri tasarlanmıştır.

Basım (1998) tarafından *X. axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın genom büyüklüğü ve fiziksel haritalanması çalışılmıştır. Bu çalışmada, PFGE kullanılmış ve az sıklıkla kesen restriksiyon enzimleri ile *X. a.* pv. *vesicatoria*'nın genom büyüklüğü ve bakteri genomunun başlangıç fiziksel haritası tanımlanmıştır.

Flávia ve ark., (2005), *X. axonopodis* pv. *citri* strainlerini PFGE ve plazmid profili analizi ile incelemişlerdir. Bu çalışmada genomik DNA VspI ve XbaI enzimleri ile kesilmiştir.

DNA barkodlama (DNA barcoding), spesifik DNA dizileri kullanılarak organizmaların tür düzeyinde tanımlanmasına yönelik hızlı ve pratik bir yöntem olarak geliştirilmiş moleküler bir tekniktir. Çin'de yapılan bir çalışmada *Xanthomonas*'ın karantina türlerini/patovarlarını ayırt etmek için dijital tanımlama yöntemi olan DNA barcoding tekniği kullanılmıştır. Bu analizler için 327 izolat kullanılmış olup bunlara 45 *Xanthomonas* türü / patovarını temsil eden ve ayrıca GenBank'tan beş ek tür / patovar (toplam 50 tür / patovar) dahil edilmiştir. Bu izolatlar, dört DNA barkodu aday genin (16S rRNA geni, *cpn60*, *gyrB* ve *avrBs2*) etkinliğini test etmek için kullanılmıştır. Bu aday genlerden *cpn60*, PCR amplifikasyonu ve dizileme başarısında en yüksek oranı göstermiştir. Daha sonra, ağaç oluşturma (Neighbor-joining), 'en yakın eşleşme' ve barkod boşluğu yöntemleri, her genin tür ve patovar düzeyindeki çözünürlüğünü değerlendirmek için kullanılmıştır. Özellikle, *cpn60* dizileri kullanılarak oluşturulan komşuluk birleştirme ağacında, her karantina türü / patovarının tüm izolatlarının monofiletik bir grup oluşturduğu gözlenmiştir. Ek olarak *cpn60* ayrıca hem barkod gap analizinde hem de 'en iyi yakın eşleşme' testinde en tatmin edici sonuçları göstermiştir (Tian ve ark., 2016).

***Xanthomonas* Cinsi Bakterilerin Biyolojisi ve Epidemiyolojisi**

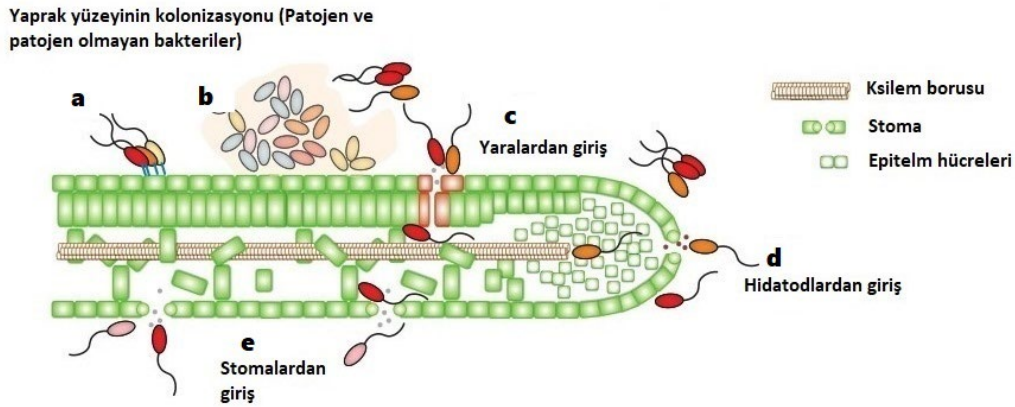
Geleneksel olarak *Xanthomonas* türleri, diğer ortamlarda karşılaşılmayan ve bitki ile ilişkili bakteriler olarak tanımlanmıştır (Hayward 1993). Konukçu bitkinin tüm havai organları, yani, gövdeler, sürgünler, yapraklar, çiçekler, tomurcuklar, meyveler ve tohumlar, *Xanthomonas*'lar tarafından kolonize edilebilir ve belirtiler gösterebilirler (Rudolph, 1993).

Xanthomonas türleri hayat çemberlerinin bir kısmını konukçularından ayrı olarak, hastalıklı bitki artıklarında veya toprakta serbest halde geçirirler (Zhao ve ark., 2002). Bulgarelli ve ark., (2015)'e göre, *Xanthomonadales* takımı üyeleri, rizosfer ve toprak mikrobiyal topluluğunda bulunan bakterilerin %2 ila %7'sini oluşturmakta ve hem rizosfer hem de toprak mikrobiyom ortamlarının önemli bir bileşeni oldukları belirtilmektedir. Ancak, daha yüksek çözünürlüklü metagenomik analizler, *Xanthomonas* cinsinin rizosfer ve toprak mikrobiyomundaki varlığının %0.7'ye kadar değiştiğini göstermiştir (Xu ve ark., 2018).

Xanthomonas'ların enfeksiyon döngüsü epifitik aşama ve endofitik aşama olarak ikiye ayrılabilir. Epifitik aşama, bakterilerin konukçunun havai dokularında, genellikle de yaprak veya meyve dokularının yüzeyinde bulunması ile açıklanabilir. Epifitik aşama, bakterilerin bitkinin doğal açıklıkları (stomalar, hidatodlar, lentiseller ve nektarlar) ve yaraları yoluyla konukçu dokuya girişine kadar devam etmektedir. Bakteriler konukçu bitki dokusuna giriş yaptıktan sonra, endofitik aşama başlar. Konukçu dokuda kolonize olup yüksek popülasyona ulaştıklarında tekrar yaprak yüzeyine çıkarlar ve çoğunlukla rüzgar veya yağmur aracılığıyla yeni bir konukçuya sıçrarlar. Böylece enfeksiyon çemberi yeniden başlamış olur (Moreira ve ark., 2015).

Xanthomonas, tohum kaynaklı enfeksiyon yoluyla veya topraktan, hastalıklı bitkilerden ve bitki artıklarından sağlıklı, duyarlı bitkilere çeşitli biyotik veya abiyotik yollarla bulaşabilir. *Xanthomonas* başlangıçta hayat çemberinin epifitik aşamasına başlar, burada farklı adezinler üretir, hücre dışı polisakkaritler salgılar ve yaprak yüzeyindeki olumsuz koşullardan korunmayı sağlayan biyofilm benzeri yapılar oluşturur ve epifitik uygunluk sağlar.

Xanthomonas türleri, konukçu yüzeyine adezinleri (Şekil 6a) aracılığıyla bağlanır ve yaprak yüzeyinde biyofilmler oluşturabilir (Şekil 6b). Bitki dokusuna girişte bitkinin farklı doğal açıklıklarını tercih edebilmektedirler (Ryan ve ark., 2011) (Şekil 6). *X. euvesicatoria* veya *X. citri* gibi sistemik olmayan *Xanthomonas* türleri, giriş için genellikle stomaları tercih ederken (Şekil 6e), *X. campestris* pv. *campestris* veya *X. oryzae* pv. *oryzae* gibi sistemik ksilem enfeksiyonu yapan türler giriş için genellikle hidatodları (Şekil 6d) tercih etmektedirler (Cerutti ve ark., 2017). Yaralar ve stomalar (Şekil 6c, Şekil 6e) aracılığıyla giriş, mezofilin enfeksiyonuna yol açmaktadır. Yaralar ve hidatodlar (Şekil 6c, Şekil 6d) aracılığıyla penetrasyon, bitki iletim sisteminin ve özellikle ksileminin istilasına yol açmaktadır (Rudolph, 1993).



Şekil 6. *Xanthomonas* türlerinin konukçu bitki dokusuna farklı giriş yolları. Bakteriye hücreler (a) adezinleri aracılığıyla bağlanır ve (b) yaprak yüzeyleri üzerinde biyofilmler oluşturur. Bakteriler yaprak dokularına (c) yaralarından girebilir. Vasküler patojenler ayrıca (d) hidatodlar yoluyla girerken, yaprak patojenleri (e) stomalar yoluyla girer (Jacques ve ark., 2016).

Örneğin; siyah çürüklük etmeni *Xanthomonas campestris campestris*'in (*Xcc*) (Şekil 7a), konukçu bitkide oluşturduğu belirtileri hidatod veya yaralardaki bakteriyel giriş noktalarından kaynaklanan V şeklinde lezyonları içermektedir (Şekil 7c, e). *Xcc*, bitki damar sistemi boyunca ilerleyerek hastalığa adımı veren siyahlaşmış damarları oluşturmaktadır. Şiddetli enfeksiyonlarda *Xcc*, bitkiyi sistemik olarak dolaşarak baş kısmındaki iletim dokusuna ulaşabilir (Şekil 7d). Sonuç olarak soluk renkli, pazar değeri düşük lahana oluşur ve depolama sırasında ikincil enfeksiyonlara duyarlı hale gelir (Ragasová ve ark., 2020). *Xcc* genellikle gece boyunca guttasyon sıvısı bitkiye geri çekildiğinde hidatodlardan giriş yapmaktadır (Cook ve ark., 1952). Ayrıca yaprak yüzeyinden veya yağmur sıçramasıyla yaralardan da girebilir. Diğer birçok bakteriyel patojenin aksine *Xcc*, stomalar yoluyla enfekte edemez. *Xcc*'nin stomalarda patojenin daha fazla girişini sınırlayabilecek aşırı duyarlı bir tepkiye (HR) neden olabileceğine dair kanıtlar vardır. Alternatif olarak stomaların bir patojene cevap olarak kapanma yeteneğinin *Xcc*'nin girişini sınırlaması da mümkündür; Hidatodların bu aşırı duyarlı tepkiye maruz kaldığına rastlanmamıştır (Cerutti ve ark., 2017). Diğer engeller arasında, mezofil ortamı ile uyumsuzluk gibi faktörler de rol oynayabilir (Dubrow ve Bogdanove 2021).

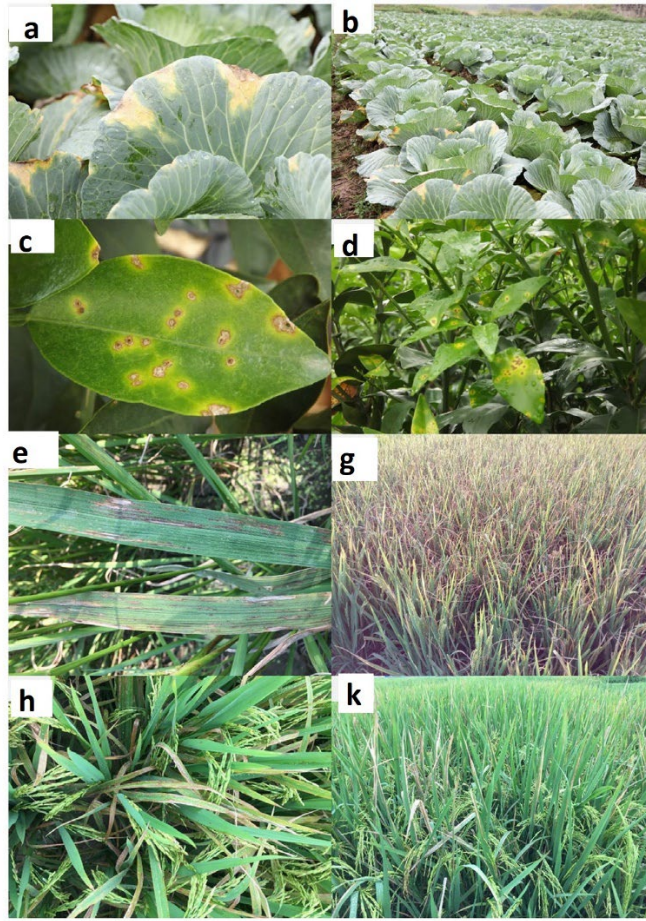


Şekil 7. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*'in (*Xcc*) morfolojisi ve yayılımı. **a)** YDC Agar'da gelişen *Xcc* kolonileri, **b)** Lahana ve karnabahar da dahil olmak üzere haçgil bitkilerinin fideleri genellikle büyük seralarda üstten sulama ile yetiştirilir ve bu da *Xcc*'nin yayılmasını kolaylaştırır, **c)** Lahana yaprağı kenarındaki hidatodlar terleme sıvısı salgılar ve *Xcc* için giriş noktaları görevi görür, **d)** *Xcc* vasküler bir patojendir ve lahananın baş kısmına yayılarak pazar değerini düşürür, **e)** Lahanada *Xcc*'nin neden olduğu siyah çürüklük (Dubrow ve Bogdanove 2021).

Patojenlerin yayılması ve konukçular arasındaki transfer, patojen enfeksiyon çemberinde önemli bir rol oynamaktadır. *Xanthomonas* türleri, hafif yüksek sıcaklıklarda (ortalama 25-35°C) daha iyi gelişir ve konukçuda yüksek miktarda inokulum oluşturabilir (Morales ve ark., 2018). Ek olarak, *Xanthomonas* türlerinin epifitik aşamada, hayatta kalmaları ve bulaşmaları için yüksek nemin (Şekil 7b) gerekli olduğu tespit edilmiştir. (Christiano ve ark., 2009).

***Xanthomonas* Türlerinin Oluşturduğu Hastalık Belirtileri**

Bitkilerin bakteriyel hastalıkları arasında en yaygın ve yıkıcı kayıplar *Erwinia*, *Pseudomonas* ve *Xanthomonas* cinsi Gram-negatif bakterilerden kaynaklanır. *Xanthomonas* cinsi, geniş konukçu yelpazesi nedeniyle büyük ekonomik öneme sahiptir. Genel olarak, *Xanthomonas* cinsinin türleri, bitkinin tüm dokularında çeşitli belirtilere neden olmakla birlikte gövde, yapraklar, çiçekler, tomurcuklar, meyveler ve tohumlar gibi bitki kısımlarında kolonize olabilmektedir. Belirtiler arasında nekrotik lekeler, püstüller, kanserler, çürüklük, solgunluk, hipertrofi ve hiperplazi olabilir ve bakteri ölüme yol açabilir (Ryan ve ark., 2011). Şekil 8 ve Şekil 9'da çeşitli *Xanthomonas* türlerinin neden olduğu hastalık belirtilerine örnekler verilmiştir.



Şekil 8. Çeşitli *Xanthomonas* türlerinin sebep olduğu hastalık belirtilerine örnekler (An ve ark., 2020) (a, b) *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*'in neden olduğu karalahana çürüklüğü; (c, d) *Xanthomonas citri* pv. *citri*'nin neden olduğu turuncgil kanseri; (e, g) *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*'nın neden olduğu bakteriyel çeltik yaprak çizgi hastalığı; (h, k) *X. oryzae* pv. *oryzae*'nin neden olduğu çeltikte yanıklık

Konukçu Adaptasyonu, Konukçu ve Doku Özgüllüğü

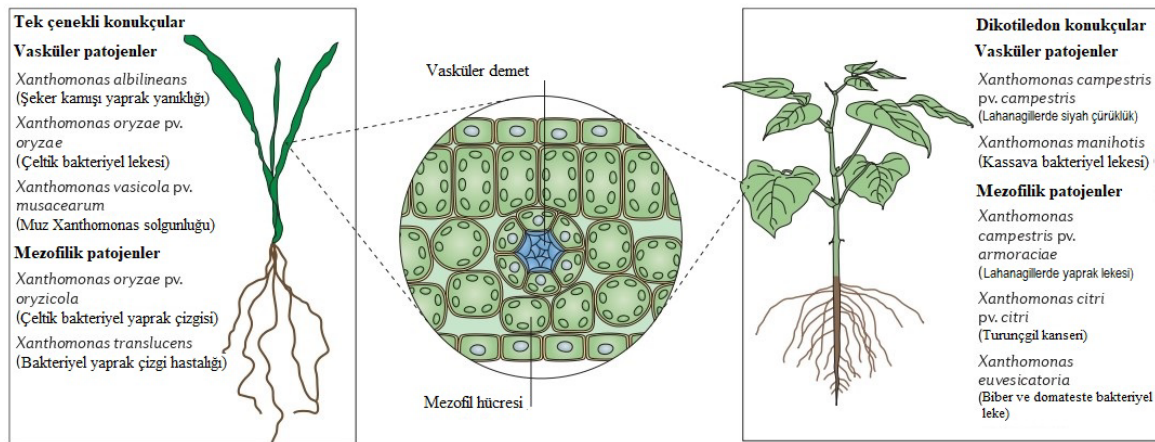
Xanthomonas cinsi büyük ölçüde patojen türleri içerir, ancak *Xanthomonas* suşları sağlıklı bitki kısımlarından da izole edilebilmektedir. Patojenik türler ve patovarlar, yüksek derecede konukçu bitki özgüllüğü gösterir ve birçoğu, Şekil 10'da görüldüğü gibi ya vasküler sistemin ksilem elemanlarını ya da konukçunun mezofil parankima dokusunun hücreler arası boşluklarını istila ederek doku özgüllüğü sergilerler (Ryan ve ark., 2011).

Xanthomonas cinsinde bulunan farklı türdeki bakteriler tek çenekli ve çift çenekli bitkileri enfekte ederek bir dizi hastalığa neden olur. Bu patojenler, yüksek düzeyde konukçu bitki özgüllüğü gösterir ve birçoğu, ya vasküler sistemin ksilem elemanlarını (vasküler patojenler) ya da konukçunun mezofil dokusunun (mezofilik patojenler) hücreler arası boşluklarını istila ederek doku özgüllüğü sergilerler. Cassava bitkisinin patojeni

Xanthomonas manihotis gibi bazı bakteriler alışılmadık derecede çeşitli belirtiler üretebilirler ve hem mezofilik hem de vasküler dokuyu kolonize edebilirler (Ryan ve ark., 2011).



Şekil 9. Çeşitli *Xanthomonas* türlerinin neden olduğu hastalık belirtileri (Timilsina ve ark., 2020). *Xanthomonas* spp. farklı bitkilerde hastalık oluşturabilir. Şekil 9'da da görüldüğü gibi; **a)** *X. oryzae*, çeltikte bakteriyel yanıklığa neden olmaktadır. Bu tür, *oryzae* ve *oryzicola* olmak üzere iki patovarı kapsar; **b)** *X. campestris* pv. *musacearum*, muz bitkisinde *Xanthomonas* solgunluğuna neden olur; **c)** *X. citri* turunçgilleri enfekte eder ve yaprak ve meyve dokularında püstüller üretir; **d)** *X. citri* pv. *mangiferae* mango siyah leke hastalığına neden olmaktadır; **e)** Dört *Xanthomonas* türü, domates ve biberde bakteriyel leke hastalığı ile ilişkilidir. Bu türler, *Xanthomonas hortorum* pv. *pardneri*, *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria* ve *X. perforans*'tır (Jones ve ark., 2004).



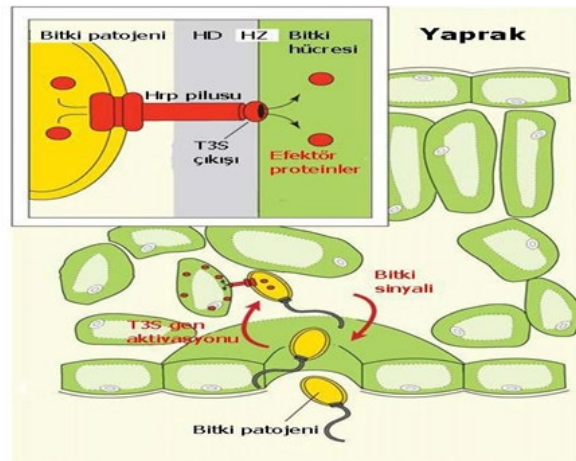
Şekil 10. *Xanthomonas* türleri ve patovarlar konukçu ve doku özgülüğü gösterir (Ryan ve ark., 2011)

***Xanthomonas*'ların Enfeksiyon Mekanizması**

Xanthomonas'ın enfeksiyon döngüsü, epifitik aşama ve endofitik aşamaya ayrılabilir. Epifitik aşama, bakteriler yeni bir konukçunun genellikle yaprak veya meyve dokusuna girdiğinde başlar ve bitkinin doğal açıklıkları ve yaraları yoluyla konukçu dokuya girene kadar devam eder. Konukçu bitkinin içine girdikten sonra, bakteri endofitik aşamaya girer ve konukçuyu kolonize eder. Yüksek popülasyona ulaşan bakteriler yaprak yüzeyinde yeniden ortaya çıkar ve çoğunlukla rüzgar veya yağmur yoluyla yeni bir konukçuya bulaşarak enfeksiyon çemberini yeniden başlatırlar (An ve ark., 2020).

Epifit bir *Xanthomonas*, iç dokuyu uzun süre istila etmeden bitki yüzeyinde çoğalabilir. Bu çoğalma, yaprak yaşı, konukçu fizyolojisi, hava durumu ve diğer mikroflora gibi birçok faktörden etkilenebilir. *Xanthomonas*'lar genellikle güneş ışığına ve kurumaya karşı dayanıksızdırlar. *Xanthomonas* bakterileri, olumsuz koşullardan korunmak için çeşitli savunma mekanizmaları geliştirebilirler. Bunlardan biri ekzopolisakkarit (EPS) üretimidir. EPS, bakterilerin dış yüzeylerinde bir matris oluşturarak çevresel streslere karşı koruma sağlar. Bakteriler toprakta, konukçu bitkilerde, yabancı otlarda ve tohumda yaşayabilirler (Belete ve Baştaş, 2017).

Xanthomonas cinsi bakteriler, hastalık ve hayat çemberinde Tip I ila VI salgı sistemlerine sahiptir. Patojenisitenin anahtar faktörü Tip III salgılama sistemidir. Bitki patojeni Gram negatif bakterilerin çoğunda Tip III salgı sistemi bulunmaktadır (Büttner ve Yang, 2009). Bu salgı sistemi Şekil 11'deki gibi efektör proteinlerin bitki hücresi içine aktarılmasında vazifelidir. Tip III salgı sistemi hastalığın meydana gelmesinde belirleyici bir faktör olarak gözükmektedir (Mudgett, 2005).



Şekil 11. Gram (-) bakterilerde görülen Tip III salgı sisteminin yaprak enfeksiyonu meydana getirmedeki rolü (HZ: hücre zarı, HD: hücre duvarı) (Aksoy ve Kara, 2012)

Önemli *Xanthomonas* Tür ve Patovaryları

Xanthomonas, dünya çapında her yerde bulunabilmektedir. Çoğu tür ve patovarylar geniş bir alana dağılmıştır. Bazı türler karantina açısından önemlidir. Bazı türler EPPO (Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü) listesinde yer almaktadır (Çizelge 4).

Bu veriler, EPPO çalışma grubunun ortak bir çabası olarak yayınlanan, özellikle Avrupa Birliği'nde düzenlemeye tabi patojenlere, bitkilerde patojen *Xanthomonas* türlerinin çeşitliliğine yönelik teşhis, tespit ve araştırmalara yönelik moleküler yöntemlere odaklanan Catara ve ark., (2021) tarafından yapılan incelemeye dayanmaktadır. Bitkilerde hastalık meydana getiren *Xanthomonas* cinsi üyelerinin konukçu aralığı geniştir. Bu bakteriler genellikle yapraklarda leke, gövde ve yaprak yanıklığı belirtileri meydana getirirler ve marul, lahana, ceviz, muz, patlıcan, çilek, havuç, karnabahar, pamuk, patates, susam, süs bitkileri, meyve ağaçları, hububat, domates ve biber gibi bitkilerde hastalık oluştururlar. Bu patojenin ırkları ve alt grupları bulunmaktadır (Vauterin ve ark., 1990). Farklı konukçularda hastalık oluşturan bazı patovarlar Çizelge 5'te yer almaktadır.

Çizelge 4. EPPO listesinde yer alan *Xanthomonas* türleri (Anonim, 2023d)

Hastalık	Patojen
Turunçgil bakteriyel kanseri	<i>X. citri</i> pv. <i>aurantifolia</i> ; <i>X. citri</i> pv. <i>citri</i>
Soğan bakteriyel yanıklığı	<i>X. euvesicatoria</i> pv. <i>allii</i>
Çeltik bakteriyel yaprak yanıklığı	<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>
Çeltik bakteriyel yaprak çizgi hastalığı	<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>
Fındık bakteriyel yanıklığı	<i>X. arboricola</i> pv. <i>corylina</i>
Sert çekirdeklerde bakteriyel leke	<i>X. arboricola</i> pv. <i>pruni</i>
Ceviz bakteriyel yanıklığı	<i>X. arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>
Poinsettia bakteriyel yaprak lekesi	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>poinsettiicola</i>
Domates ve tatlı biberde bakteriyel leke	<i>X. euvesicatoria</i> pv. <i>euvesicatoria</i>
Domates ve tatlı biberde bakteriyel leke	<i>X. euvesicatoria</i> pv. <i>perforans</i>
Domates ve tatlı biberde bakteriyel leke	<i>X. hortorum</i> pv. <i>gardneri</i>
Domates ve tatlı biberde bakteriyel leke	<i>X. vesicatoria</i>
Çilek bakteriyel köşeli yaprak lekesi	<i>X. fragaria</i>
Antoryum ve diğer aroidlerde bakteriyel yanıklık	<i>X. phaseoli</i> pv. <i>dieffenbachiae</i>
Fasulye yaygın bakteriyel yanıklığı	<i>X. phaseoli</i> pv. <i>phaseoli</i>
Buğdaygillerde bakteriyel yaprak çizgi hastalığı	<i>X. translucens</i> pv. <i>translucens</i>

Çoğu zaman bir *Xanthomonas* türünün veya patovasının konukçu aralığı aynı bitki familyasında birkaç tür ya da bazen birkaç cins ile sınırlı durumdadır. Bazı *Xanthomonas* türlerinin konukçu aralığı geniştir, bazılarının ise dardır (Leyns ve ark., 1984). Örneğin, *X. campestris* pv. *campestris*, *Brassicaceae* familyasındaki bitkilerin genel bir patojenidir. *X. translucens* pv. *graminis* *Poaceae* familyasının birkaç cinsini hastalandırır. *X. translucens* pv. *poae*, *X. campestris* pv. *phlei* ve *X. campestris* pv. *arrhenatheri* ise bir konukçuyla sınırlıdır (Egli ve Schmidt, 1982).

Xanthomonas arboricola

Xanthomonas arboricola pv. *juglandis* (*Xaj*)'in neden olduğu ceviz yanıklık hastalığı, cevizin (*Juglans regia* L.) üretimini etkileyen en önemli ve yaygın bakteriyel hastalıklardan birisidir. Hastalık etmeni ülkemiz ceviz üretim alanlarında ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. *Xaj*'in neden olduğu bakteriyel ceviz yanıklığı hastalığının, Ülkemizin Marmara Bölgesi'nde uygun hava koşullarında şiddetli epidemiyi yaptığı bildirilmiştir

(Özaktan ve ark., 2007a). Tipik belirtiler sürgün, yaprak, dişi çiçek, tomurcuk ve meyve gibi tüm sulu dokularda görülmekte olup enfeksiyon başlangıçta su emmiş leke şeklindeyken zamanla bu lekeler kahverengi-siyah nekrotik alanlara dönüşmektedir. Başlangıçta sarı-yeşil bir hale ile çevrelenmiş dairesel lezyonlar genellikle noktasal olarak genişlemektedir. Özellikle erken ilkbahar donlarından sonra yeşil sürgün ve tomurcuklarda yanıklık belirtisi çok karakteristiktir (Yörük ve Mirik, 2021). Hastalık, ürünlerde %50 ila %70 arasında kayıplara neden olabilmektedir (Lamichhane, 2014).

X. arboricola pv. *corylina* (*Xac*)'nın neden olduğu fındık bakteriyel yanıklık hastalığı Dünya genelinde ve Türkiye'de fındıklarda görülen önemli bir hastalıktır (Gutierrez ve Kotan, 2023). *Xac*, Dünya çapında genç fındık ağaçlarında ekonomik kayıplarla sonuçlanan fındık bakteriyel yanıklığı hastalığına neden olmaktadır (Kalındamar, 2021). Fındık ağaçları, uygun iklim koşulları altında bitki patojeni bakterilerin çeşitli enfeksiyonları nedeniyle tehdit altındadır. Bu bakteriyel patojenler arasında en yaygın ve yıkıcı patojenin, fındık bahçelerinde dikkati çeken ve sektörü önemli ölçüde etkileyen *Xac* olduğu bildirilmektedir (Öztürk, 2023). *Xac* tomurcuk ölümü, yapraklarda ve zuruflarda lekelenme, ve sürgünlerde nekroza sebep olmaktadır. Kısmi olarak zarar görmüş tomurcuklardan bir sonraki yıl çıkan sürgünler de enfekteli olmaktadır. Özellikle genç ağaçlarda tüm gövdeyi çepeçevre kuşatan kanserler nedeniyle ağaç tamamen kurumaktadır. Bu hastalık nedeniyle en fazla kayıp, 1-4 yaşındaki bahçelerde oluşmaktadır. Daha yaşlı bitkilerde ender olarak ölüm meydana gelmekte, ancak çok sayıda tomurcuk zarar gördüğünden verim kaybı %1-10 arasında değişmektedir (Karahana ve ark., 2013). *Xac*, fidanlık ve yeni kurulan bahçelerde ağaçların %10-100'ünü öldürebilmektedir (Moore ve ark., 1974; Gutierrez ve Kotan 2023).

Çizelge 5. Farklı konukçularda hastalık yapan *Xanthomonas* patovaryları (Rodriguez ve ark., 2012)

Patovar	Konukçu
pv. <i>alfalfae</i>	Yonca
pv. <i>armoraciae</i>	Turp
pv. <i>campestris</i>	Lahanagiller
pv. <i>carota</i>	Havuç
pv. <i>cucurbitae</i>	Kabakgiller
pv. <i>citri</i>	Turunçgiller
pv. <i>corylina</i>	Fındık
pv. <i>fragariae</i>	Çilek
pv. <i>glycine</i>	Soya
pv. <i>graminis</i>	Buğdaygiller
pv. <i>juglandis</i>	Ceviz
pv. <i>mangiferaeindicae</i>	Mango
pv. <i>malvacearum</i>	Pamuk
pv. <i>musacearum</i>	Muz, Mısır
pv. <i>pelargonii</i>	Sardunya
pv. <i>phaseoli</i>	Fasulye
pv. <i>pruni</i>	Erik
pv. <i>raphani</i>	Turpgiller
pv. <i>sesami</i>	Susam
pv. <i>translucens</i>	Arpa, Buğday, Çavdar, Tritikale
pv. <i>vesicatoria</i>	Biber, Domates, Patlıcangiller
pv. <i>viticola</i>	Asma

X. arboricola pv. *pruni*, sert çekirdekli meyvelerde ve bademde bakteri lekesine sebep olur. Bu hastalık ağaçların verimini ve gücünü ve ayrıca etkilenen meyvelerin pazarlanabilirliğini azaltabilen önemli bir hastalıktır (Garita-Cambronero ve ark., 2018).

Xanthomonas axonopodis

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* (*Xap*)'nin neden olduğu adi yaprak yanıklığı hastalığı, tropikal ve subtropikal iklimlerde önemli verim kayıplarına neden olan ve tohumla taşınan en önemli fasulye bakteriyel etmenlerinden biridir (Gedük ve ark., 2020). Türkiye'de, Dönmez ve ark., (2013) tarafından yapılan çalışmalara göre, *Xap*'ın neden olduğu hastalık ülkemizde fasulye üretiminin verimini ve kalitesini azaltan ciddi bir bakteriyel hastalıktır. Benzer şekilde, Dursun ve ark., (2002) ile Baştaş ve Şahin (2017), çevresel koşulların etmen bakteri (*Xap*) için uygun olduğu durumlarda en yıkıcı fasulye hastalığı olduğunu bildirmişlerdir. Hastalık bitki gelişiminin herhangi bir aşamasında meydana gelerek, tohum kalitesini etkiler ve %20-60 verim kaybına neden olur ve sonuçta binlerce, milyonlarca dolar tutarında ekonomik kayıplara yol açar (Belete ve Baştaş, 2017). Bu hastalıktan etkilenmiş bitkilerin yapraklarında suyla ıslatılmış gibi, sarkık, zamanla genişleyen nekrotik lekeler meydana gelmektedir. Bu lezyonlar genellikle yaprakların damarları arasında veya kenarlarında bulunmakta ve büyüdükçe yanık bir görünüme dönüşmektedir. Kapsüller üzerinde ise boyutu kapsülün büyüklüğüne ve olgunluğuna göre değişmekle birlikte dairesel, hafif çökük, koyu kırmızımsı-kahverengi lezyonlar oluşturmaktadır. Enfekteli tohumlarda şekil bozuklukları meydana gelmekte ve çimlenme yetenekleri kaybolmaktadır (Palacıoğlu ve ark., 2021).

X. axonopodis pv. *manihotis* (kasava bitkisi (*Manihot esculenta*) bakteriyel yanıklığı), kasava bitkilerinin önemli bir patojenidir (Abdulai ve ark., 2018).

Xanthomonas campestris

Siyah damar çürüklük hastalığına vasküler bir bakteri olan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (*Xcc*) neden olmaktadır ve bu hastalığın dünya çapında lahanagil bitkileri için en tahripkâr ve önemli hastalık olduğu düşünülmektedir. Tipik hastalık belirtileri yaprak uçlarında oluşan V şeklinde klorotik, nekrotik lezyonlar, vasküler dokularda kararma ve sonunda siyah damar çürüklüğü belirtisidir (Vicente ve ark., 2001). Ülkemizde bu etmen ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Samsun ili Bafra ilçesi beyaz baş lahana üretim alanlarında *Xcc*'nin varlığı çeşitli biyokimyasal testler ve patojenisite çalışmalarıyla belirlenmiştir (Aksoy, 2007). Daha sonra *Xcc* Samsun ilinde karnabahar üretim alanlarından izole edilmiştir (Aksoy ve ark., 2018). Akdeniz bölgesinde 2004-2006 yıllarında lahana, brokoli, ve brüksel lahanasında *Xcc* etmeninin varlığı saptanmıştır (Mirik ve ark., 2008a). 2019 yılında Samsun ilinde semptomatik bir beyaz başlı lahana yaprağından izole edilen *Xcc* SB80 ırkı 4 suşuna ait tam genom dizisi rapor edilmiştir (Meral ve ark., 2022).

Xanthomonas oryzae

Xanthomonas oryzae türünün, *oryzae* ve *oryzicola* olmak üzere iki patojenik varyetesi vardır (Swings ve ark., 1990). Bu patojenik varyeteler yakından ilişkilidir ve çeltik her iki patojen için de ana konukçudur. *X. oryzae* pv. *oryzae* ve *X. oryzae* pv. *oryzicola*, enfeksiyon şekillerindeki farklılıklarını yansıtan belirtileri sayesinde net bir şekilde ayırt edilebilirler (Anonim, 2024a).

Çeltik bakteriyel yaprak yanıklığı etmeni *X. oryzae* pv. *oryzae* yaralardan veya hidatodlardan giriş yapar. Epidermiste çoğalır ve aktif çoğalma yaparak yapraklarda leke oluşturur ve ksilem iletim demetlerine geçer. Hastalığın belirtileri arasında yaprak lekesi, sararma ve soluk sarı yapraklar yer alır. Yaprak lekesi, yaprak kenarlarında gelişen dalgalı uzun lezyonlarla karakterize edilmektedir. Belirtiler su gözeneklerinin bulunduğu yaprak uçlarından küçük su emmiş çizgiler olarak başlarlar. Bu çizgiler enine ve boyuna genişleyerek hızla büyürler. Yaprak kenarları boyunca dalgalı, bir kenarlı, sarı bir lezyon oluştururlar. Sonrasında, hastalıklı alanlar beyazdan griye döner. Bu lezyonlar yaprağın bir veya her iki tarafında ve bazen de orta damarlar boyunca gelişebilir ve yaprak yanıklığı belirtileri genellikle maksimum kardeşlenme aşamasından itibaren ortaya çıkmaktadır (Goto, 1992).

Çeltik bakteriyel yaprak çizgi hastalığı etmeni *X. oryzae* pv. *oryzicola*, konukçusunun herhangi bir büyüme evresinde ortaya çıkan bir yaprak hastalığıdır. *X. oryzae* pv. *oryzicola* konukçusuna stomalardan girer ve yaprakların parankim dokularında çoğalır. *X. oryzae* pv. *oryzicola*, genellikle yaprak hücrelerinin parankimasını enfekte eder. Ancak sistemik değildir. İlk belirtiler, uzayabilen ve koyulaşabilen küçük, suya batırılmış, şeffaf damarlar arası çizgilerdir. Şeffaf çizgiler, yaprak çizgisi lezyonlarını, ışık karşısında opak olan *X. oryzae* pv. *oryzae* lezyonlarından ayırır. Bakteriyel sızıntılar küçük sarı boncuklar halinde gözlemlenebilir. Dar, uzun, yarı şeffaf lezyonlar birleşerek büyük alanlar oluşturabilir ve ciddi şekilde etkilenen alanlar yanık gibi görünebilir. Yapraklar solar, kahverengiye döner ve sonunda ölür. Bu aşamada hastalığın bakteriyel yaprak yanıklığından ayırt edilmesi zor olabilir (Ou, 1985).

Xanthomonas translucens

Xanthomonas translucens'in neden olduğu bakteriyel çizgi hastalığı, öncelikle arpada (Jones ve ark., 1917), daha sonra da sırasıyla buğday (Smith ve ark., 1919), çavdar (Reddy ve ark., 1924), çayır bitkileri (Wallin, 1946) ve son olarak da tritikale bitkisinde (Zillinsky ve Borlaug, 1971) tespit edilmiştir.

X. translucens pv. *undulosa* ilk defa buğdaydan izole edilmiş olup arpada da hastalık oluşturmaktadır (Bragard ve ark., 1997). *X. translucens* pv. *secalis*'in konukçuları arasında ise buğday, çeltik, arpa, yulaf, yabani buğday ve ayrik yer almaktadır. *X. translucens* pv. *cerealis* yulaf ve ayrikta hastalık oluştururken; *X. translucens* pv. *translucens* yalnızca buğdaylarda patojen olup uygun koşullar olduğu zaman % 30–40 oranında bir verim kaybına sebep olabilmektedir. Bu hastalık Türkiye'den de rapor edilmiştir (Sands ve Fourest, 1989; Demir ve Üstün, 1992). Hastalığın tipik belirtileri; yapraklar üzerindeki birkaç cm uzunluğa ulaşabilen parlak kahverengi,

birbirine paralel ve uzunca lezyonlardır. Bu lezyonlar başlangıçta yaprak üzerinde ayrı ayrı görülebilir ama zamanla tüm yaprak yüzeyini kaplarlar. Parlak ışık altında bakıldığında çok kolayca fark edilebilir (Kotan, 2008).

Ülkemizde etmenin varlığı ilk kez Demir ve Üstün, (1992) tarafından Ege Bölgesinde belirlenmiştir. Hastalıklı bitkilerden bakteri izole edilmiş ve *Xanthomonas campestris* pv. *translucens* olarak tanımlanmıştır. Ege bölgesinde yaygın üretimi yapılan ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin *X. c. pv. translucens*'e duyarlı olduğu, bu çeşitler içinde Ege 88 çeşidinin ise çok duyarlı olduğu saptanmıştır.

Baştaş ve ark., (2011) yılında Konya ilinde yaygın olarak ekimi yapılan 36 farklı buğday çeşidini incelemişlerdir. Etmenin izolasyon ve tanısında biyokimyasal, patojenisite testleri ve moleküler tanı yöntemlerini kullanmışlardır. İnceledikleri buğday çeşitlerinden, *X. translucens*'i en fazla Gerek 79 (%63.63) ve en az Yıldız 98 (%6.25) çeşidi tohumlardan izole etmişlerdir. Etmenin, tüm buğday tohumlarındaki genel yüzde bulaşıklık oranını ise %27.16 olarak belirlemişlerdir.

***Xanthomonas* Cinsi Bakterilerin Sebep Olduğu Hastalıklarla Mücadele**

Xanthomonas türlerinin sebep olduğu hastalıkların önlenmesi ve baskılanması için bir dizi strateji geliştirilmiştir. Bu stratejiler patojen yayılımının engellenmesini, kimyasal ve biyokontrol maddelerinin kullanımını ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesini ve yaygınlaştırılmasını içermektedir.

Dayanıklı Çeşitlerin Üretimi

Hastalığa dayanıklı çeşitlerin üretilmesi, en verimli, sürdürülebilir, çevre dostu ve istenen hastalık kontrol yaklaşımlarından birisidir. Belirli patojenlere karşı bitki direnci veya duyarlılığının kalıtsal bir özellik olduğu gösterilmiştir. Farklı bitkilerde birçok kültüvare özgü *Xanthomonas* direnç lokusları tanımlanmıştır. Kültüre alınmış çeşitlerde tanımlanan direnç genlerinin sayısı bitki türleri arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, çeltikte düzinelerce *Xanthomonas* direnci ile ilişkili lokus tanımlanırken, bugüne kadar muz, şeftali veya narenciye gibi diğer mahsullerde hiçbiri tanımlanmamıştır. Dayanıklı çeşitlerin üretilmesi genetik mühendisliği yoluyla ya da geleneksel ıslah yoluyla olabilmektedir (Timilsina ve ark., 2020).

Ecevit ve ark., (1996) ıslah çalışmalarına temel oluşturmak amacıyla yaptıkları bir çalışmada, Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilen önemli fındık çeşitlerinden Allahverdi, Çakıldak, Foşa, Mincane, Palaz, Sivri ve Tömbül fındık çeşitlerinin fındık kurdu, filiz güvesi, uçkurutan, fındık kokarcası, mayıs böceği ve yaprak bitleri ile bakteriyel yanıklık *Xanthomonas arboricola* pv. *corylina* (*Xac*), mozaik virüsü ve külleme hastalıklarına karşı duyarlılıklarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; yaprak lekeleri dikkate alındığında bakteriyel yanıklık (*Xac*) etmenine karşı en duyarlı çeşidin Allahverdi olduğu görülmüştür. Bu hastalığa karşı duyarlılığı yüksek olan bir diğer çeşidin ise Mincane olduğu tespit edilmiştir.

Xanthomonas cinsine dahil olan bakteriler ile mücadelede sürdürülebilir ve etkin mücadele yöntemi dayanıklı ıslah materyallerinin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır. Bu amaçla yapılan bir çalışmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 40 adet fasulye çeşidi, pas ve adi yaprak yanıklığı (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) (*Xap*) hastalıklarına karşı taşıdıkları dayanıklılık kaynakları bakımından SCAR markörleri aracılığıyla incelenmiştir. *Xap*'ye karşı Belinay Sırık, Boncuk, Sırık barbunya, Bulduk ve Zülbiye çeşitlerinin dayanıklılıkta rolü olan B10 lokusuna sahip olduğu görülmüştür (Palacioğlu ve ark., 2021).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, 6'sı ticari olarak yetiştiriciliği yapılan çeşitlerin de arasında bulunduğu toplam 15 çeşit cevizden, 'Franquette'nin *Xaj*'e karşı yüksek derecede, 'Yalova 2', 'Serr', 'Kaman 1' ve 'Yalova 3' çeşitlerinin orta derecede tolerant olduğu, 'Yalova 1' ve 'Pedro' çeşitlerinin ise hastalığa karşı tolerant olduğu saptanmıştır. 'Yalova 4', 'Chandler', 'Hartley', 'Şen 1', 'Bilecik' çeşitlerin duyarlı, 'Payne', 'Bursa 95' ve 'Şebin' çeşitlerinin ise yüksek oranda duyarlı olduğu saptanmıştır (Özaktan ve ark., 2007b).

Türk fındık çeşitlerinin bakteriyel yanıklığa sebep olan *Xac* patojenine karşı toleranslarının saptanması amacıyla yapılan bir çalışmada; materyal olarak Acı, Çakıldak, Foşa, İncekara, Kalınkara, Kan, Kargalak, Kuş, Mincane, Palaz, Sivri, Tombul, Uzunmusa, Yassı Badem ve Yuvarlak Badem Türk fındık çeşitleri kullanılmıştır. Patojenin AT8/Z ırkı kullanılarak kontrollü koşullarda yürütülen çalışmada, bakteriyel yanıklık hastalığına karşı en hassas çeşidin Yassı Badem, en dayanıklı çeşidin ise Uzunmusa olduğu tespit edilmiştir (Akın ve Aygün, 2021).

Taze ve kuru fasulye ıslah hatlarının *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* ve *Xap*'ye dayanıklılık durumlarını ve dayanıklı bireylerde dayanıklılık ile ilgili genleri belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; toplam 50 fasulye ıslah hattı *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* ve *Xap* virulent izolatları ile inokule edilerek ıskalaya göre okumaları yapılmıştır. Sonuçta; *Xap*'ye karşı hem taze hem de kuru fasulye ıslah hatlarında dayanıklılığın olmadığı, bitkilerin oluşan nekrozların çoğalmasında sonucu tamamen kurduğu görülmüştür. Meyvelerde ise inokulasyon noktalarında ıslaklıklar başlamış ve zamanla bu alanlar büyüyerek genişlemiştir. Kullanılan SCAR markörleri ile yapılan PCR çalışmaları sonucunda *Xap*'ye dayanıklılığın olmadığı tespit edilmiştir (Ertekin ve ark., 2021).

Erdal ve ark., (2011), yaptıkları bir çalışmada, Türkiye'de yerli ceviz çeşit ve hatlarının reaksiyonlarının ve entegre mücadele olanaklarının belirlenmesini hedeflemişlerdir. 19 farklı ticari ve yerel ceviz (*Juglans regia*) çeşit/hatlarının *Xaj*'ye karşı duyarlılıkları araştırılmıştır. Testlenen ticari ceviz çeşitlerinden Chandler, Hartley ve yerel çeşitlerden Şebin, meyve ve fidan testlerinde *Xaj*'ye yüksek düzeyde duyarlılık göstermiştir. Testlenen ticari çeşitlerden Franquette ve Pedro ise ceviz bakteriyel yanıklığı etmeni *Xaj*'ye karşı yüksek oranda tolerans göstermiştir.

Türkiye'de, önceki bazı araştırma sonuçlarına göre, fasulye çeşitleri *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (*Xap*)'in neden olduğu adi bakteriyel yaprak yanıklığı (CBB) hastalığına karşı dayanıklı bulunmamıştır (Benlioğlu vd., 1994). Ancak, daha sonradan yapılan bir çalışmada, Dursun vd. (2002), Türkiye'nin farklı bölgelerinden 22 fasulye genotipini toplayarak bunları bir yıl boyunca sera koşullarında *Xap* suşuna karşı direnç açısından taramış ve bir genotipi (AG-7117) CBB'ye karşı dirençli bulmuştur. Bu çalışma, Türkiye'de *Xap*'a karşı ortak fasulye hatlarındaki ilk direnç kaynağı raporudur. Daha sonra, Dönmez vd. (2013), 38 fasulye

genotipini sera ve tarla denemelerinde *Xap*'a karşı dayanıklılık bakımından taramışlardır. Test edilen genotipler arasında sadece bir genotip (36K) patojene karşı dirençli bulunmuştur.

Akbaş (2005), Doğu Anadolu bölgesinde üretilen fasulye çeşit ve genotiplerini *Xap*'a karşı test etmiştir. Sonuç olarak 36K genotipinin patojene karşı dayanıklı olduğu, Yakutiye-98 ve Kantar-05 çeşitlerinin ise bu patojene hassas olduğu bulunmuştur.

Biyolojik Mücadele

Bitki hastalıkları ile mücadelede kültürel önlemlerin her zaman istenilen sonucu vermemesi, kimyasal mücadelede ise kullanılan pestisitlerin çevreye verdiği zararlar farklı mücadele yöntemlerinin araştırılmasına neden olmuştur. Bu çerçevede biyolojik mücadele, bitki hastalıkları ile mücadelede iyi bir seçenek olarak düşünülmektedir (Akköprü, 2012). Biyokontrol yaklaşımları, bağımsız olarak tek kullanılabilecek önlemler olabileceği gibi pestisit veya dayanıklı çeşitlerin kullanımı ile birlikte gerçekleştirilebilecek entegre yaklaşımlarda önemli bir rol oynayabilmektedir (Jensen ve ark., 2016). Biyokontrol elemanlarının sürdürülebilir, güvenli ve etkili bir tarım sistemi geliştirilmesinde biyopestisit olarak kullanılmasının yanında biyogübre olarak değerlendirilme potansiyeli de büyüktür (Afzal ve ark., 2019). Bitki hastalıklarının biyolojik kontrolü, genellikle bir bakteri, fungus, virüs veya bunların bir karışımını içeren biyokontrol elemanlarının bitkiye veya toprağa uygulanmasıyla hastalığın önlenmesidir (O'Brien ve ark., 2017). Biyolojik kontrol elemanları, antibiyosiz, yer ve besinler için rekabet, parazitizm, ekstrasellüler proteinlerin üretimi (hücre duvarını parçalayan enzimler gibi) ve patojenite faktörlerinin degradasyonu gibi doğrudan veya bitki savunma cevaplarının indüklenmesi gibi dolaylı etki mekanizmalarını kullanarak patojen popülasyonlarının çoğalmasını sınırlandırabilir ve bitkileri hastalıklardan kaynaklanan zararlardan korur (Jensen ve ark., 2016).

Al-Dahmani ve ark., (2003) tarafından hastalıklara karşı kompost, uçucu yağ gibi alternatif yaklaşımlara ek olarak bakteriofajlar, doğada doğal olarak bulunan nonpatojenik bakteriler ve PGPR'lar gibi biyokontrol elemanları üzerine yoğunlaşmıştır.

Bazı bitkilerinin sulu ekstraktlarının antibakteriyel etkileri *X. axonopodis* pv. *vesicatoria*'ya karşı *in vitro* ve *in vivo* denemelerle araştırılmıştır. Sulu okaliptüs ve sarımsak ekstraktlarının *in vivo* koşullarda hastalığın tohum kökenli inokulumunu azaltmada çok etkili olduğu tespit edilmiştir. Okaliptüs ekstraktının en iyi tohum uygulaması olduğu, tohum uygulaması olarak sulu okaliptüs ekstraktının, domates ve biber fidelerindeki hastalık gelişimini tamamen engellediği tespit edilmiştir. Hastalık oluşumu domates ve biber fidelerinde sırasıyla % 95 ve %86 oranında filtrasyon ile sterilize edilen sarımsak ekstraktıyla azaltılmıştır. Benzer şekilde, domates ve biber fidelerindeki hastalık şiddeti sarımsak ve okaliptüs ekstraktlarıyla % 77 ve %96 arasındaki oranlarda azaltılmıştır (Mirik ve Aysan, 2005).

Mirik (2005), biberde bakteriyel leke hastalığı ile çalışmış ve hastalık etmeni olan *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatora*'ya karşı bitki büyüme düzenleyici rizobakterlerin biyolojik kontrol olanaklarını araştırmıştır.

Uygulamalar sonunda hastalık şiddetinin % 65 oranında azaldığı ve değişen oranlarda bitki büyümesinin arttığı gözlemlenmiştir.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada; *X. axonopodis* pv. *vesicatoria*'a karşı *Bacillus* izolatları ile biyolojik mücadele olanakları araştırılmıştır. Sera ve tarlada yetiştirilen biber rizosferinden alınan toprak örneklerinden izole edilen üç *Bacillus* izolatı test çalışmasında kullanılmıştır. Üç *Bacillus* izolatının tek başına ve onların kombinasyonlarıyla inokule edilen biber bitkilerinde sırasıyla sera koşulları ve tarla denemelerinde hastalık gelişimini %11-%62 ve %38-%67 oranlarında azalttığı belirlenmiştir (Mirik ve ark., 2008b).

Altundağ ve Aslım (2011) tarafından yapılan çalışmada *Origanum minutiflorum*, *Sideritis erytrantha* subsp. *erytrantha*, *Satureja wiedemanniana*, *Salvia tchihatcheffii* ve *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların *Xanthomonas vesicatoria*'ya karşı antibakteriyel özelliği belirlenmiştir. Uçucu yağlar 4-43 mm arasında değişkenlik gösteren engelleme zonları oluşturmuşlardır. *O. minutiflorum* yağının en düşük engelleme konsantrasyonu (MIC) değeri 200 µg/ml olup, hastalık şiddeti engelleme oranı %81.25 olarak belirlenmiştir.

Dadaşoğlu ve ark., (2016) tarafından yürütülen *Saturaje* ve *Origanum* türlerinin hem uçucu yağlarının hem de ekstraktlarının *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'ya karşı antibakteriyel aktivitelerinin belirlenmesi çalışmasında bu bitkilerden elde edilen uçucu yağların oluşturduğu inhibisyon zonu 29-42 mm olarak tespit edilmiş olup aynı bitkilerden hazırlanan ekstraktların ise 0-20 mm inhibisyon zonu oluşturduğu belirlenmiştir.

Dönmez ve ark., (2022) tarafından *X. phaseoli* pv. *phaseoli* ve *X. citri* subsp. *fuscans*'a karşı farklı *Satureja* türlerinden elde edilen uçucu yağların antibakteriyel etkileri test edilmiştir. Uçucu yağların, her iki hastalık etmeninin bakteri suşlarının *in vitro* şartlarda büyümesini önemli ölçüde inhibe ettiği ve *S. cuneifolia* ve *S. spicigera* uçucu yağlarının ise patojen gelişimlerini %100 engellediği tespit edilmiştir.

Ünlü ve Aysan (2016) PGPR bakterileri ile Sardunya bitkisinde *X. axonopodis* pv. *pelargonii*'nin biyolojik mücadele olanaklarını araştırmışlardır. PGPR izolatları kök uygulaması olarak bitkilere verildiğinde iki izolatın yaprak enfeksiyonlarını %88-100 oranında engellediği tespit edilmiştir. Bir izolat ise gövde enfeksiyonlarında hastalık şiddetini % 63 oranında engellemiştir.

Yörük ve Mirik (2021) 109 adet aday antagonist bakteri izolatının *in vitro* şartlarda ikili kültür testlerinde, *X. arboricola* pv. *juglandis*'i baskılama yeteneklerini araştırmışlardır. Seksen izolat farklı boyutlarda engelleme alanı oluşturmuş olup 37 izolat gelişimi tamamen baskılamıştır.

Fındık bakteriyel yanıklık hastalığı etmeni *X. arboricola* pv. *corylina*'ya karşı antibakteriyel aktivite için 314 potansiyel biyoajan bakteri izolatı test edilmiştir. Bu izolatlardan 47'si Petri denemelerinde etkili olarak bulunmuştur. En etkili 5 biyoajan bakteri izolatı (*Bacillus* spp.) %73.3 ile %80 arasında patojenden kaynaklı zararı engellemiştir (Gutierrez ve Kotan, 2023).

Bakteriyofajlar

Bakteriyofajlar, genellikle yüksek konukçu özgülüğüne sahip bakteriyel virüslerdir. 20. yüzyılın başlarında keşfedilmelerinden kısa bir süre sonra, bu virüslerin antimikrobiyal ajanlar olarak potansiyel kullanımları önerilmiştir. Ümit verici olsa da, farklı ortamlardaki kararlılık durumları ve UV radyasyonuna duyarlılıkları dahil olmak üzere sahada bakteriyofaj uygulaması için sınırlayıcı faktörler vardır (Timilsina ve ark., 2020).

Yeni Zelanda'da Romero ve ark., (2012) tarafından *Xaj* bakterilerinin viral bakteriyofajlarla enfekte olabilme potansiyeli üzerine yapılan çalışmada fillosfer ve rizosfer ekosistemlerini temsil eden 326 bitki materyali örneğinden 26 *Xaj* faj izole edilmiştir. Sonuçlar, Podoviridae ve Siphoviridae familyalarına ait bakteriyofajların *Xaj* patojenini kontrol ettiğini göstermiştir.

Macaristan'da Dömötör et al. (2016), topraktan, hava dokularından ve *Xaj* ile enfekte olmuş cevizlerden 24 faj izole etmiş, laboratuvar testlerinde *Xaj* üzerinde iki tane polivalent bakteriyofajın litik etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Civerolo (1973) yaptığı bir çalışmada, litik faj kokteylinin ham lizatlarını (Xp3-A ve Xp3-I) şeftali fidelerinin yapraklarına sera koşullarında *Xanthomonas pruni* enfeksiyonundan 1-2 saat önce uygulamıştır. Yalnızca %6-%8'lik bir kısım yaprak enfekte olmuştur. Hastalık, kontrol bitkilerinde kaydedilen %96'lık enfeksiyona kıyasla önemli ölçüde %17-31 oranında azalmıştır.

Üç fajdan (ϕ 16, ϕ 17A, ϕ 31) oluşan saflaştırılmış bir faj kokteylinin sprey uygulaması, Welsh soğanlarının bakteriyel yaprak yanıklığının etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*'nin büyümesini engellemede başarısız olmuştur. Kokteyl uygulaması, soğan yapraklarındaki enfeksiyonu %43,3'e düşürürken, ϕ 31 içeren monofaj faj tedavisi, aşılama 9 gün sonra tedavi edilmemiş, enfekte kontrol yapraklarıyla karşılaştırıldığında enfeksiyonu %67,5 oranından %26,6'ya düşürmüştür. Phage ϕ 31 en geniş spektruma sahip olarak bulunmuş ve 12 *Xanthomonas axonopodis* pv *allii* suşundan 12'sini lize etmiştir (Nga ve ark., 2021).

Nagai ve ark., (2017) yaptıkları bir çalışmada, patojenik olmayan *Xanthomonas* suşu (npX, AXCB1201) ve fajın (pXS, XcpSFC211) kombinasyonunu *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*'in aşılamaından önce brokoli bitkileri üzerine püskürtmüşlerdir. NpX-pXS karışımı, hastalık şiddetini %18,9'a düşürmüştür. Bu oran tek başına pXS ile %86,2 ve sera ortamlarındaki kontrol bitkilerinde %93,7 olarak belirlenmiştir. Saha denemeleri, sera deneylerinden elde edilen sonuçlara göre daha düşük olsa da, hastalık şiddetinde bir azalma olduğunu göstermiştir. NpX-pXS karışımı belirtileri kontrol bitkilerindeki %98'e veya bakırla muamele edilmiş bitkilerdeki %86'ya kıyasla %74 oranında azaltmıştır.

Biyofilm bozulması bakteriyel patojenisitenin kontrolü için gereklidir. Faj X3, çeltikte bakteriyel yanıklığa neden olan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*'nin neden olduğu ekzopolisakkarit üretiminin %53 oranında bozulmasına ve %43 oranında biyofilm bozulmasına neden olmuştur. Faj X3, patojen inokülasyonundan önce çeltik bitkisi yapraklarına ve tohumlarına uygulandığında, bitkiler %83,1 ve %95,4 oranında iyileşme göstermiştir. Faj X3, patojen inokülasyonundan sonra uygulandığında iyi performans göstermemiştir ve sonuçlar %28,9 ile %73,9 etki arasında kaydedilmiştir (Ogunyemi ve ark., 2019).

Xanthomonas axonopodis pv. *citri*'ye patojen olan XacF1 faj enfeksiyonu, hastalığı şiddetlendiren hücre dışı polisakkaritin bir bileşeni olan xantan üretimini engellemiştir. XacF1 fajı ile uygulama yapılan yapraklardaki lezyonların genişliği, uygulama yapılmayan yapraklardaki lezyonlara kıyasla 6,5 mm'den 1 mm'ye düşmüştür. Bu nedenle XacF1 fajının neden olduğu xantan üretimindeki azalma hastalık şiddetini azaltmıştır (Ahmad ve ark., 2014).

Kimyasal Mücadele

Yüzyılı aşkın bir süredir bakır ve bakır bazlı antimikrobiyal bileşikler *Xanthomonas* türlerinin neden olduğu hastalıklara karşı ana kimyasal kontrol ajanları olarak kullanılmaktadır. Bakır uygulamaları sahada yaygın olarak kullanılmaktadır ve bakteriyel hastalıkları kontrol etmek için hala en etkili araç olarak kabul edilmektedir (Timilsina ve ark., 2020).

Ülkemizde Adana ve Osmaniye illerinde biber ve domatesten izole edilen 67 *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* izolatlarının tümünün 100 µg/ml bakır sülfata dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Mirik ve ark., 2007).

Yapılan bir çalışmada sanayi domatesinde ekonomik kayıplara neden olan bakteriyel leke hastalığına karşı çevre dostu bazı preparatlardan oluşan farklı ilaçlama programlarının pratikte etkinliklerinin araştırılması hedeflenmiştir. Tarla denemelerinde ilaçlama programları ve çiftçi koşulları hastalığı önlemede yeterli olamamıştır. *In vivo* testlerinde ise programların koruyucu ve tedavi edici etkileri araştırılmıştır. En başarılı koruyucu etki uygulaması ortalama %64 etki ile (23% monoglukonat, galakturonat ve bakır), SiO₂ 200 ml etkili maddelerinin uygulandığı bitkilerde tespit edilmiştir. Tedavi uygulamalarında ise, SiO₂ 100 ml'lik dozu ve 62.82 g L bakır sülfat pentahidrat etkili maddelerin uygulanması %82 etki oluşturmuştur (Yüce ve ark., 2020).

Alberto çeşidi kuru fasulye üzerinde CBB (*Xap*) hastalığına karşı farklı bakırlı preparatların etkinliği araştırılmıştır. Elde edilen istatistiki verilere göre, en etkili bakırlı preparat %42,59–%47,25 etkililik oranlarıyla bakıroksiklorür uygulaması olarak tespit edilmiş, bakır sülfat pentahidrat ise %7,69–%12,96 oranları ile en düşük etkiye sahip olmuştur (Balçık ve Baştaş, 2021).

Kimyasal mücadele yönteminde bakırlı preparatların kullanımı ceviz yanıklığı hastalığı (*Xaj*) dahil birçok bakteriyel hastalığı kontrol etmeyi başarmıştır (Akat ve Özaktan 2013).

Silisyum dioksit (SiO₂) ve bazı endofit bakterilerin tekli ve ikili inokulasyonlarının fasulyede *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'nin (*Xap*) neden olduğu adi yaprak yanıklığına ve bitki gelişimine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, uygulanan 30 mM SiO₂'in %41 düzeyinde hastalığı kontrol ettiği belirlenmiştir. Ayrıca SiO₂ ve *Pseudomonas caspiana* V30G2 izolatının birlikte kullanımının hastalık gelişimini %52 oranında baskıladığı ve bitki gelişimine pozitif etkileri olduğu tespit edilmiştir (Çelik, 2021).

Dikmen (2018), Ege Üniversitesi bakteriyoloji laboratuvarında *in vitro* koşullarda stoklarında bulunan *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* izolatlarının virülenslik seviyelerini ve bakıra dayanıklılık durumlarını araştırmış, bakıra en tolerant bulunan *Xaj* izolatlarının 0,8 mM ve 1 mM MIC (Minimum İnhibitör Konsantrasyonu) değerlerini, en duyarlı bulunanların ise 0,1 mM MIC değerlerini aldıklarını belirlemiştir. Ayrıca bakıra tolerans gösteren *Xaj* izolatlarının aynı zamanda virülensliklerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç

Tarımsal üretimi ve verimliliği etkileyen en önemli biyotik faktörler arasında fungal, bakteriyel ve viral etmenlerden kaynaklı hastalıklar yer almaktadır. Bitki bakteri hastalıkları, dünya genelinde tarımsal ürünlerde ciddi kayıplara neden olan önemli bir hastalık grubunu oluşturmaktadır. Tarımsal üretimde hastalık oluşturan en önemli bakteriyel etmenlerden birisi de *Xanthomonas* cinsidir. *Xanthomonas* cinsi ekonomik açıdan önemli birçok ürün de dahil olmak üzere, yüzlerce bitkide hastalığa neden olan büyük bir Gram-negatif bakteri cinsidir. Bazı türler xantan zamkı ismi verilen ve yenilebilen bir polisakkarit üretir. Patojenisite ile ilgili özelliklerinin yanı sıra xantan, ticari olarak üretilen ve koyulaştırıcı madde olarak kullanılabilen önemli bir bileşendir. Xantan ticari olarak büyük ölçekte fermantasyon yoluyla üretilir ve endüstride, özellikle gıda, temizlik malzemeleri, eczacılık ve petrol ve doğal gaz sondajlarında bir bileşen olarak kullanılmaktadır.

İlk *Xanthomonas* raporundan bu yana, konukçu bitkilerde *Xanthomonas* türlerinin neden olduğu hastalıklara katkıda bulunan faktörleri açıklayan kapsamlı çalışmalar yürütülmüştür. *Xanthomonas*'ın ekolojisini, epidemiyolojisini ve hastalık yapma mekanizmalarını anlamaya yönelik çalışmalar, nihayetinde bitki hastalıkları ile mücadele amacı taşımaktadır.

Xanthomonas cinsi ile ilgili son zamanlarda Dünyada yapılan çalışmalara bakıldığında, virülenslik faktörlerinin aydınlatılması, teşhis ve mücadele olanaklarının artırılmasına yönelik çalışmaların ön plana çıktığı görülmektedir. Ülkemizdeki durum Dünyada yapılan çalışmalara nispeten paralellik göstermektedir. *Xanthomonas* virülenslik faktörlerinin aktivitesinin altında yatan moleküler mekanizmalara ilişkin ayrıntılı çalışmalara rağmen; bu mekanizmaların aydınlatılmasına yönelik henüz cevaplanmamış pek çok soru bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, *Xanthomonas* doku özgüllüğünün anlaşılmasını ve bitki kaynaklı sinyallerin algılanmasını, konukçu dokuya giriş tercihlerini, RNA bağlayıcı proteinler ve küçük RNA'ları içeren virülenslikle ilişkili düzenleyici sistemlerin aydınlatılmasını içermektedir.

Xanthomonas türlerinin neden olduğu hastalıkların mücadelesinde, özellikle biyolojik mücadele çalışmalarının son yıllarda artış gösterdiği görülmektedir. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) ve endofitik bakterilerin *Xanthomonas* ile mücadelede etkili oldukları görülmektedir. Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait bakteriler, bu cinsin farklı türlerine karşı potansiyel biyolojik mücadele ajanları olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, mikroorganizmaların *Xanthomonas*'ın kontrolünde büyük potansiyele sahip olduğu ve ticari uygulamalar için büyük ilgi gördüğü söylenebilir.

Bir *Xanthomonas* türü patojeninin tespiti ve tanımlanması, genellikle diğer fitopatojen bakterilerde olduğu gibi, bakterinin izole edilmesi ve kültüre alınması, biyokimyasal testlere tabi tutulması gibi uzun ve maliyetli çalışmaları gerektirmektedir. Moleküler yöntemlerin analitik özgüllüğü ve analitik duyarlılığı, bu nedenle zaman alıcı ve karmaşık izolasyon/kültür sürecini atlamayı sağlayabilir. Moleküler yöntemlerdeki gelişmelere paralel olarak teşhis çalışmalarında da yenilikçi yöntemlerin uygulandığı görülebilmektedir. Moleküler yöntemlerdeki yenilikçi yaklaşımlar *Xanthomonas*'ların tespiti, tanımlanması ve çeşitlilik çalışmalarına önemli bir değişiklik getirmiş ve genel olarak daha güvenilir hastalık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yol açmıştır.

Son yıllarda geliştirilen genom tabanlı tanı protokolleri daha da iyileştirilebilir durumdadır. Tüm genom dizileri ve tüm ilgili *Xanthomonas* türlerine ait suşların pan-genomik analizleri, farklı patojenlerin tanımlanması için yeni belirteçlerin tespitini kolaylaştırabilir. Bu belirteçler tür düzeyinde olduğu kadar, alt türler ve patovarylar ve ırklar için de işaretleyiciler olabilir. Patojen bakterilerin yüksek verimli tespiti ve miktarlarının ölçülmesi için gelişmekte olan sistemler, hız, duyarlılık ve kullanım kolaylığı ile karakterize edilmektedir. Artan sayıda Yüksek Verimli Dizileme (High-Throughput Sequencing (HTS)) çalışmaları, beklenmedik örneklerde *Xanthomonas* ların varlığının altını çizerek cinsin daha geniş ekolojik önemine işaret etmektedir.

Bu derleme çalışmasında, *Xanthomonas* cinsinin önemi, *Xanthomonas* türlerinin genel olarak tanımı, biyolojisi, taksonomisi, epidemiyolojisi, hastalık yapma mekanizmaları, konukçu patojen ilişkileri, tanı yöntemleri, mücadele olanakları ve *Xanthomonas* cinsine dahil olan önemli tür ve patovarylar tanımlanmıştır.

Teşekkür

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

- Abdulai, M., Basim, H., Basim, E., Baki, D. ve Öztürk, N. 2018. Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*, the causal agent of cassava bacterial blight diseases in cassava (*Manihot esculenta*) in Ghana by polymerase chain reaction. *European Journal of Plant Pathology*, 150: 471-484.
- Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S. and Shahzad, S. 2019. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbial Research Journal*, 221: 36-49.
- Agrios, N.G. 2005. *Plant Pathology 5th edition*. Elsevier Academic Press, USA, 952p.
- Ahmad, A. A., Askora, A., Kawasaki, T., Fujie, M. and Yamada, T. 2014. The filamentous phage XacF1 causes loss of virulence in *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, the causative agent of citrus canker disease. *Frontiers in Microbiology*, 5: 321.
- Akat, S. 2013. Ceviz Meyvelerinde Uç Yanıklığı Hastalığının Etiyolojisi ve Kimyasal Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akbaş, D. 2005. Bazı Fasulye (*Phaseolus* L.) Çeşitlerinde *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* ve *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*'ye Dayanıklılığının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akın, M. ve Aygün, A. 2021. Determining the tolerance of various Turkish hazelnut cultivars (*Coryllus avellane* L.) against *Xanthomonas arboricola* pv. *corylina*. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(2): 211-216.

- Akköprü, A. 2012. Hıyar Bakteriyel Köşeli Yaprak Leke Hastalığının (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) Bazı Kök Bakterileriyle Biyolojik Savaşımı Üzerine Araştırmalar. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aksoy, H. 2007. Samsun ili bafra ilçesi'nde beyaz baş lahanada siyah damar çürüklük etmeni *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* [(Pammel 1895) Dowson 1939]'nin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(3): 297-300.
- Aksoy, H.M. ve Kara, C. 2012. Secretion systems in plant pathogenic bacteria. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 27(1): 48-54.
- Aksoy, H. M., Öztürk, M. ve Tufan, S. 2018. First report on *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* causing bacterial black rot disease of cauliflower in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 100(1): 141-141.
- Al-Dahmani, J. H., Abbasi, P. A., Miller, S. A. and Hoitink, H. A. J. 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Disease*, 87(8): 913-919.
- Altundağ, Ş. ve Aslim, B. 2011. Effect of some endemic plants essential oils on bacterial spot of tomato. *Journal of Plant Pathology*, 93: 37-41.
- Alvarez, A. 2001. Serological techniques. Ed.: Schaad, N.W., Jones, J.B., Chun, W., eds. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria St. Paul, Minnesota, USA, 338-339.
- An, S. Q., Potnis, N., Dow, M., Vorhölter, F. J., He, Y. Q., Becker, A., Teper, D., Li, Y., Wang, N., Bleris, L. and Tang, J. L. 2020. Mechanistic insights into host adaptation, virulence and epidemiology of the phytopathogen *Xanthomonas*. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(1): 1-32.
- Anonim, 2023a. Forestry images: Bacterial spot (Genus *Xanthomonas*), <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5508965>, (Erişim Tarihi: 11.08.2023).
- Anonim, 2023b. List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature. Search. <https://lpsn.dsmz.de/search?word=xanthomonas>, (Erişim Tarihi: 28. 05. 2023).
- Anonim, 2023c. Michigan State University. Bacterial leaf spot on hydrangea https://www.canr.msu.edu/news/bacterial_leaf_spot_on_hydrangea, (Erişim Tarihi: 13. 07. 2023).
- Anonim, 2023d. European and Mediterranean Plant Protection Organization. Plant Quarantine, https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list, (Erişim Tarihi: 08. 08. 2023).
- Anonim, 2023e. Wikipedia. *Xanthomonas*, <https://en.wikipedia.org/wiki/Xanthomonas>, (Erişim tarihi: 29.08.2023).
- Anonim, 2024a. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Xanthomonas oryzae*, <https://download.ceris.purdue.edu/file/1506>, (Erişim tarihi: 05.03.2024).
- Bafandeh, N., Rahimian, H., Jouzani, G. S. and Alidadi, A. 2019. Characterization of the bacteria associated with alder angular leaf spot in Iran. *Australasian Plant Pathology*, 48: 573-581.
- Balçık, M. ve Baştaş, K. K. 2021. Fasulye bakteriyel adi yanıklık hastalığına karşı farklı bakırlı bileşiklerin etkililiği. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(9): 1735-1743.

- Bansal, K., Kaur, A., Midha, S., Kumar, S., Korpole, S. and Patil, P. B. 2021. *Xanthomonas sontii* sp. nov., a non-pathogenic bacterium isolated from healthy basmati rice (*Oryza sativa*) seeds from India. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 114(11): 1935-1947.
- Barak, J.D., Koike, S.T. and Gilbertson, R.L. 2002. Movement of *Xanthomonas campestris* pv. *vitians* in the stems of lettuce and seed contamination. *Plant Pathology*, 51: 506-12.
- Basım, E. 1998. Pulsed-Field Jel Elektroforez yöntemi ile domates ve biberde yaprak lekesi etmeni (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)'nın genom büyüklüğünün saptanması ve fiziksel haritasının oluşturulması. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Baştaş, K. K., Altınparmak, S. ve Boyraz, N. 2011. Researches on determination of *Xanthomonas translucens*, the causal agent of bacterial leaf streak of wheat on widely sown seeds. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(1): 105-114.
- Baştaş, K. K. ve Şahin, F. 2017. Evaluation of seedborne bacterial pathogens on common bean cultivars grown in central Anatolia region, Turkey, *European Journal of Plant Pathology*, 147 (2): 239-253.
- Belete, T. ve Baştaş, K. K. 2017. Common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) of beans with special focus on Ethiopian condition. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 8(3): 403-413.
- Bellanger, N., Dereeper, A. and Koebnik, R. 2022. Clustered regularly interspaced short palindromic repeats in *Xanthomonas citri*—witnesses to a global expansion of a bacterial pathogen over time. *Microorganisms*, 10(9): 1715.
- Benlioğlu, K., Özakman, M. ve Önceler, Z. 1994. Bacterial blight of beans in Turkey and resistance to halo blight and common blight. 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Kuşadası, Aydın, 547-550.
- Bergey, D. H. and Holt, J.G. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Baltimore, 437p.
- Bouzar, H., Jones, J. B., Stall, R. E., Hodge, N. C., Minsavage, G. V., Benedict, A. A. and Alvarez, A. M. 1994. Physiological, chemical, serological, and pathogenic analyses of a worldwide collection of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* strains. *Phytopathology*, 84(7): 663-671.
- Bragard, G. and Verhoyen, M. 1993. Monoclonal antibodies specific for *Xanthomonas campestris* bacteria pathogenic on wheat and other small grains, in comparison with polyclonal antisera. *Journal of Phytopathology*, 139(3): 217-228.
- Bragard, C., Singer, E., Alizadeh, A., Vauterin, L., Maraite, H. and Swings, J. 1997. *Xanthomonas translucens* from small grains: Diversity and Phytopathological Relavance. *The American Phytopathological Society*, 87(11): 1111-1117.
- Bulgarelli, D., Garrido-Oter, R., Münch, P. C., Weiman, A., Dröge, J., Pan, Y. and Schulze-Lefert, P. 2015. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley. *Cell Host & Microbe*, 17(3): 392-403.

- Bull, C.T., de Boer, S.H., Denny, P., Firrao, G., Fischer-Le Saux, M., Saddler, G.S., Scortichini, M., Stead, D.E. and Takikawa, Y. 2008. Demystifying the nomenclature of bacterial plant pathogens. *Journal of Plant Pathology*, 90: 403-417.
- Büttner, D. and Yang, S.H. 2009. Type III protein secretion in plant pathogenic bacteria. *Plant Physiology*, 150(4): 1656-1664.
- Catara, V., Cubero, J., Pothier, J. F., Bosis, E., Bragard, C., Đermić, E. and Costa, J. 2021. Trends in molecular diagnosis and diversity studies for phytosanitary regulated *Xanthomonas*. *Microorganisms*, 9(4): 862.
- Cerutti, A., Jauneau, A., Auriac, M. C., Lauber, E., Martinez, Y., Chiarenza, S. and Noël, L. D. 2017. Immunity at cauliflower hydathodes controls systemic infection by *Xanthomonas campestris* pv *campestris*. *Plant Physiology*, 174(2): 700-716.
- Chase, A. R., Stall, R. E., Hodge, N. C. and Jones, J. B. 1992. Characterization of *Xanthomonas campestris* strains from aroids using physiological, pathological, and fatty acid analyses. *Phytopathology*, 82(7): 754-759.
- Christiano, R. S. C., Dalla Pria, M., Jesus Junior, W. C., Amorim, L. and Bergamin Filho, A. 2009. Modelling the progress of Asiatic citrus canker on Tahiti lime in relation to temperature and leaf wetness. *European Journal of Plant Pathology*, 124: 1-7.
- Civerolo, E. L. 1973. Relationship of *Xanthomonas pruni* bacteriophages to bacterial spot disease in Prunus. *Phytopathology*, 63(10): 1279.
- Cook, A.A., Walker, J.C. and Larson, R.H. 1952. Studies on the disease cycle of black rot of crucifers. *Phytopathology*, 42:162-167.
- Çelik, R. 2021. Silisyum Dioksit ve Bazı Endofit Bakterilerin Fasulyede Adi Yaprak Yanıklığı Hastalığına (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, , Bitki Koruma Ana Bilim Dalı.
- Dadaşoğlu, F., Kotan, R., Çakır, A., Karagöz, K., Dikbaş, N., Özer, H. ve Çakmakçı, R. 2016. Use of essential oils and extracts from *Satureja* and *Origanum* species as seed disinfectants against *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25: 5989-5998.
- Demir, G. ve Üstün, N. 1992. Studies on bacterial streak disease (*Xanthomonas campestris* pv. *translucens* (Jones et al.) Dye.) of wheat and other *Gramineae*. *Journal of Turkish Phytopathology*, 21(1): 33-40.
- Dikmen, E. 2018. Ceviz bakteriyel yanıklığı etmeni *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* izolatlarının virulenslik ve bakıra dayanıklılık açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı.
- Doidge, E.M. 1921. A tomato canker. *Annals of Applied Biology*, 7: 407-430.
- Dow, J. M., Crossman, L., Findlay, K., He, Y.Q., Feng, J.X. and Tang, J.L. 2003. Biofilm dispersal in *Xanthomonas campestris* is controlled by cell-cell signaling and is required for full virulence to plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(19): 10995-11000.

- Dömötör, D., Frank, T., Rákhely, G., Doffkay, Z., Schneider, G. and Kovács, T. 2016. Comparative analysis of two bacteriophages of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *Infection, Genetics and Evolution*, 43: 371-377.
- Dönmez, M. F., Şahin, F. ve Elkoca, E. 2013. Identification of bean genotypes from Turkey resistance to common bacterial blight and halo blight diseases. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 12 (4): 139-151.
- Dönmez, Y. F., Uysal, Ş. B. ve Usanmaz, B. A. 2022. Antibacterial activity of plant essential oils obtained from *Satureja* species against *Xanthomonas phaseoli* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas citri* subsp. *fuscans*. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(1): 91-103.
- Dubrow, Z. E. and Bogdanove, A. J. 2021. Genomic insights advance the fight against black rot of crucifers. *Journal of General Plant Pathology*, 87: 127-136.
- Dursun, A., Dönmez, M. F. ve Şahin, F. 2002. Identification of resistance to common bacterial blight disease on bean genotypes grown in Turkey, *European Journal of Plant Pathology*, 108 (8): 811-813.
- Duveiller, E., and Bragard, C. 1992. Comparison of immunofluorescence and two assays for detection of *Xanthomonas campestris* pv. *undulosa* in seeds of small grains. *Plant Disease*, 76(10): 999-1003.
- Dye, D. W. and Lelliott, R. A. 1974. Genus II. *Xanthomonas*. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 1: 243-249.
- Dye, D., Bradbury, J., Goto, M., Hayward, A.C., Lelliott, R.A. and Schroth, M.N. 1980. International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. *Annual Review of Phytopathology*, 59(4): 153-168.
- Ecevit, O., Özman, S.K., Hatat, G., Okay, A.N., Kaya, A. ve Mennan, S. 1996. Karadeniz bölgesinde önemli fındık çeşitlerinin zararlı hastalıklara karşı duyarlılıklarının belirlenmesi. Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu, OMÜ. Ziraat Fakültesi, Samsun, p:77-93.
- Egel, D.S., Graham, J.H. and Stall, R.E. 1991. Genomic relatedness of *Xanthomonas campestris* strains causing diseases of Citrus. *Applied and Environmental Microbiology*, 57: 2724-2730.
- Egli, T. and Schmidt, D. 1982. Pathogenic variation among the causal agent of bacterial wilt of forage grasses. *Phytopathologische Zeitschrift*, 104(2): 138-50.
- Erdal, M. ve Özaktan, H. 2011. Batı Anadolu'da Ceviz Bakteriyel Yanıklığı Etmeni *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*'in Tanısı ve Entegre Mücadele Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı.
- Ertekin, D. Ç., Çalış, Ö. ve Yanar, Y. 2021. Orta Karadeniz Bölgesi'nde *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* ve *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'nin izolasyonu ve tanılanması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1): 25-32.
- Fahy, P. C. and Persley, G. J. 1983. *Plant Bacterial Diseases. A Diagnostic Guide*, Sydney, 393p.

- Fargier, E., Fischer-Le, S. M. and Manceau, C. 2011. A multilocus sequence analysis of *Xanthomonas campestris* reveals a complex structure within crucifer-attacking pathovars of this species. *Systematic and Applied Microbiology*, 34(2): 156-165.
- Flávia, M. D.S.C., Lázara, P.C.C. and Rui, P. L. J. 2005. Genetic diversity of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* based on plasmid profile and pulsed-field gel electrophoresis. *Genetics and Molecular Biology*, 28(3): 446-451.
- García-Ochoa, F., Castro, E. G. and Santos, V. E. 2000. Oxygen transfer and uptake rates during xanthan gum production. *Enzyme and Microbial Technology*, 27(9): 680-690.
- Garita-Cambroner, J., Palacio-Bielsa, A. and Cubero, J. 2018. *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*, causal agent of bacterial spot of stone fruits and almond: its genomic and phenotypic characteristics in the *X. arboricola* species context. *Molecular Plant Pathology*, 19(9): 2053-2065.
- Gedük, A., Bastas, K. K. ve Yılmaz, F. 2020. Fasulye bakteriyel adi yaprak yanıklığı hastalığına karşı farklı bor bileşiklerinin etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8: 226-233.
- Gitaitis, R.D., Chang, C.J., Sijam, K. and Dowler, C.C. 1991. A differential medium for semiselective isolation of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* and other cellulolytic *Xanthomonas* from various natural sources. *Plant Disease*, 75: 1274-1278.
- Goto, M. 1992. *Fundamentals of Bacterial Plant Pathology*. Academic Press, USA, 342p.
- Gurunathan, S., Umashankar, V., Murugesan, S. and Dhamotharan, R. 2014. 16s rDNA based molecular identification of Bacteriocin-like inhibitory substance (BLIS/BIS) producing indigenous phytopathogenic bacteria isolated from various diseased plant materials. *International Journal Current Science*, 11: 105-119.
- Gutierrez, J. L. R. ve Kotan, R. 2023. Fındık bakteriyel yanıklık hastalığının [*Xanthomonas arboricola* pv. *corylina* (Miller et al.) Vauterin et al.] bakteriyel biyoajanlar kullanılarak mücadele imkânlarının araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 14(1): 1-19.
- Hampton, R., Ball, E. M. and Boer, S. D. 1990. *Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens*. A laboratory manual, London, 389p.
- Hayward, A.C. 1993. The hosts of *Xanthomonas*. Ed.: Swings, J.G., Civerolo, E.L., Chapman & Hall, London, United Kingdom, pp:1-119.
- Icoz, S.M., Polat, I., Sulu, G., Yılmaz, M., Ünlü, A., Soylu, S., Bozkurt, I.A. ve Baysal, O. 2014. First report of bacterial blight of pomegranate caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae* in Turkey. *Plant Disease*, 98: 427.
- Jacques, M. A., Arlat, M., Boulanger, A., Boureau, T., Carrère, S., Cesbron, S. and Vernière, C. 2016. Using ecology, physiology, and genomics to understand host specificity in *Xanthomonas*. *Annual Review of Phytopathology*, 54: 163-187.

- Janse, J. D., Derks, J. H. J., Spit, B. E. and Van Der Tuin, W. R. 1992. Classification of fluorescent soft rot *Pseudomonas* bacteria, including *P. marginalis* strains, using whole cell fatty acid analysis. *Systematic and Applied Microbiology*, 15(4): 538-553.
- Janse, J.D., Rossi, M.P., Gorkink, R.F.J., Derks, J.H.J., Swings, J., Janssens, D. and Scortichini, M. 2001. Bacterial leaf blight of strawberry (*Fragaria* (x) *ananassa*) caused by a pathovar of *Xanthomonas arboricola*, not similar to *Xanthomonas fragariae* Kennedy & King. Description of the causal organism as *Xanthomonas arboricola* pv. *fragariae* (pv. nov., comb. nov.). *Plant Pathology*, 50: 653-665.
- Jensen, D. F., Karlsson, M., Sarrocco, S. and Vannacci, G. 2016. Biological control using microorganisms as an alternative to disease resistance. *Plant Pathogen Resistance Biotechnology*, 341-363.
- Jibrin, M.O., Potnis, N. and Timilsina, S. 2018. Genomic inference of recombination-mediated evolution in *Xanthomonas euvesicatoria* and *X. perforans*. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(13): e00136-18.
- Jones, L. R., Johnson, A. G. and Reddy, C. S. 1917. Bacterial-blight of barley. *Journal of Agricultural Research*, 11: 625-643.
- Jones, J. B., Lacy, G. H., Bouzar, H., Stall, R. E. and Schaad, N. W. 2004. Reclassification of the *Xanthomonads* associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and Applied Microbiology*, 27(6): 755-762.
- Kalındamar, Ş. 2021. Comparative genomics insight into phytopathogenic *Xanthomonas arboricola* pathovar *corylina* strains. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(1): 66-71.
- Karahan, A., Altundağ, Ş., Duran, H. ve Kılınç, A. O. 2013. Karadeniz Bölgesinde Fındık Bakteriyel Yanıklığı [*Xanthomonas arboricola* pv. *corylina* (Miller et al.) Vauterin et al.] hastalığının yaygınlığı üzerine araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 53(3): 159-174.
- Kıran, F. ve Osmanoğlu, Ö. 2011. Laktik asit bakterilerinin (lab) identifikasyonunda ve tiplendirmesinde kullanılan moleküler yöntemler, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1): 62-74.
- Kizheva, Y., Vancheva, P., Hristova, M. and Stoyanova, T. 2013. Identification of *Xanthomonas* strains from tomato and pepper and their sensitivity to antibiotics and copper. *Journal Agriculture Scientist*, 19(2): 80-82.
- Klement, Z., Rudolph, K. and Sands, D. C. 1990. *Methods in Phyto bacteriology*. Budapest, 568p.
- Konstantinidis, K.T. and Tiedje, J.M. 2005. Genomic insights that advance the species definition for prokaryotes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102: 2567-72.
- Kotan, R. 2008. Bakteriyel yaprak çizgi hastalığı (*Xanthomonas translucens* pv. *translucens*): Bitki Bakteri Hastalıkları, ed.: Saygılı, H., Şahin, F, Aysan, Y., Meta Basım, İzmir, p: 179-182.
- Lamichhane, J.R. 2014. *Xanthomonas arboricola* diseases of stone fruit, almond, and walnut trees: progress toward understanding and management. *French National Institute for Agricultural Research*, 98(12): 1600-1610.

- Leyns, F., De-Cleene, M., Swings, J.G. and De Ley, J. 1984. The host range of the genus *Xanthomonas*. *The Botanical Review*, 50: 308-356.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S.V., Machado, M.A., Toth, I., Salmond, G. and Foster, G.D. 2012. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(6): 614–629.
- Martins, L., Fernandes, C., Blom, J., Dia, N. C., Pothier, J. F. and Tavares, F. 2020. *Xanthomonas euroxanthea* sp. nov., a new *xanthomonad* species including pathogenic and non-pathogenic strains of walnut. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(12): 6024.
- Meral, S.E., Bibi, S., Díaz Rodríguez, C. A., Menković, J., Bernal, A. J. and Koebnik, R. 2022. Complete Genome Sequence of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* SB80, a Race 4 Strain Isolated from White Head Cabbage in Turkey. *Microbiology Resource Announcements*, 11(3): e00022-22.
- Mirik, M. ve Aysan, Y. 2005. Effect of some plant extracts as seed treatments on bacterial spot disease of tomato and pepper. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 34 (1-3): 9-16.
- Mirik, M., 2005. Biberde Bakteriyel Leke Etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv.*vesicatoria*'nın Tanılanması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanakları, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı.
- Mirik, M., Aysan, Y. ve Çınar, O. 2007. Copper-resistant strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (Doidge) dye in the eastern mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 89(1): 153- 154.
- Mirik, M., Aysan, Y. ve Çınar, O. 2008a. Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* strains. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(5): 381-390.
- Mirik, M., Selcuk, F., Aysan, Y. ve Şahin, F. 2008b. First outbreak of bacterial black rot on cabbage, broccoli, and brussels sprouts caused by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in the Mediterranean Region of Turkey. *Plant Disease*, 92(1): 176-176.
- McDonald, J. G., and Wong, E. 2001. Use of a monoclonal antibody and genomic fingerprinting by repetitive-sequence-based polymerase chain reaction to identify *Xanthomonas populi* pathovars. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23(1): 47-51.
- McGuire, R.G., Jones, J.B. and Sasser, M. 1986. Tween media for semiselective isolation of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from soil and plant material. *Plant Disease*, 70: 887-891.
- Moore, L. W., Lagerstedt, H. B. and Hartmann, N. 1974. Stress predisposes young filbert trees to bacterial blight. *Phytopathology*, 64: 1537-1540.
- Morales, G., Moragrega, C., Montesinos, E. and Llorente, I. 2018. Environmental and inoculum effects on epidemiology of bacterial spot disease of stone fruits and development of a disease forecasting system. *European Journal of Plant Pathology*, 152: 635-651.

- Moreira, L.M., Almeida, N.F. and Potnis, N. 2010. Novel insights into the genomic basis of citrus canker based on the genome sequences of two strains of *Xanthomonas fuscans* subsp. *aurantifolii*. *BMC Genomics*, 11: 238.
- Moreira, L. M., Facincani, A. P., Ferreira, C. B., Ferreira, R. M., Ferro, M. I. T., Gozzo, F. C. and Soares, M. R. 2015. Chemotactic signal transduction and phosphate metabolism as adaptive strategies during citrus canker induction by *Xanthomonas citri*. *Functional & Integrative Genomics*, 15: 197-210.
- Mudgett, M.B. 2005. New insights to the function of phytopathogenic bacterial Type III effectors in plants. *Annual Review Plant Biology*, 56: 509-531.
- Nagai, H., Miyake, N., Kato, S., Maekawa, D., Inoue, Y. and Takikawa, Y. 2017. Improved control of black rot of broccoli caused by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* using a bacteriophage and a nonpathogenic *Xanthomonas* sp. strain. *Journal of General Plant Pathology*, 83: 373-381.
- Neidhardt, F. C., Ingraham, J. L. and Schaechter, M. 1990. Physiology of the bacterial cell: a molecular approach. *Trends in Genetics*, 7(10): 341.
- Nga, N. T. T., Tran, T. N., Holtappels, D., Kim Ngan, N. L., Hao, N. P., Vallino, M. and Jones, J. B. 2021. Phage biocontrol of bacterial leaf blight disease on welsh onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. *Antibiotics*, 10(5): 517.
- Nohutçu, L., Şelem, E., Tunçtürk, R. ve Tunçtürk, M. 2021. Uçucu yağların tarımsal hastalık ve zararlılara karşı kullanımı. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(2): 499-523.
- O'Brien, P. A. 2017. Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology*, 46: 293–304.
- Ogunyemi, S. O., Chen, J., Zhang, M., Wang, L. I., Masum, M. M. I., Yan, C. and Chen, J. 2019. Identification and characterization of five new OP2-related Myoviridae bacteriophages infecting different strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Journal of Plant Pathology*, 101: 263-273.
- Ou, S. H. 1985. *Fungus diseases-diseases of stem, leaf sheath and root. Rice diseases, 2nd edition*. The Cambrian News, Aberystwyth, 247-299.
- Özaktan, H., Uslu, A., Erdal, M. ve Akköprü, A. 2007a. Determination of Bacterial Diseases on peach in Aegean and on Walnut Western Anatolian Regions of Turkey. Diagnostic and Monitoring of Bacterial Disease of Stone Fruits and Nuts. Joint meeting of WG 1 and 2 of COAST Action 873, Angers, France.
- Özaktan, H., Erdal, M., Akkopru, A. ve Aslan, E. 2007b. Evaluation of susceptibility of some walnut cultivars to *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* by immature nut test. WG3/WG4 Joint Meeting, 2007, Murcia.
- Öztürk, M. ve Aksoy, H. M. 2018. Fasulye üretim alanlarında hastalığa neden olan *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* ve *Pseudomonas savastoni* pv. *phaseolicola*'nın izolasyonu ve tanılanması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2): 105-115.
- Öztürk, M. 2023. Population characteristics of *Xanthomonas arboricola* pv. *corylina* strains from hazelnut orchards in Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130(2): 337-349.
- Palacioğlu, G., Tombul, S., Bayraktar, H. ve Göksel, Ö. 2021. Ülkemizde yetiştirilen önemli fasulye çeşitlerinin pas (*Uromyces appendiculatus*) ve Adi Yaprak Yanıklığı (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*)

- hastalıklarına karşı dayanıklılık kaynakları açısından değerlendirilmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2): 222-230.
- Parkinson, N., Cowie, C., Heeney, J. and Stead, D. 2009. Phylogenetic structure of *Xanthomonas* determined by comparison of gyrB sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59(2): 264-274.
- Queiroz, V. L., Awan, A. T. and Tasic, L. 2016. Low-cost enzymes and their applications in bioenergy sector. *Agro-Industrial Wastes as Feedstock for Enzyme Production*, 111-131.
- Ragasová, L., Peňázová, E., Gazdík, F., Pečenka, J., Čechová, J., Pokluda, R. and Eichmeier, A. 2020. The change of bacterial spectrum after storage of *X. campestris* pv. *campestris* inoculated cabbage heads (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Agronomy*, 10(3): 443.
- Ravikumar, M.R. and Khan, A.N. 2002. Detection of *Xanthomonas vesicatoria* in tomato seeds by enzyme linked immuno sorbent assay. *Indian Journal Agricultural Research*, 36(1): 39-43.
- Reddy, C. S., Godkin, J. and Johnson, A. G. 1924. Bacterial blight of rye. *Journal of Agricultural Research*, 28: 639-640.
- Rodriguez, L., Grajales, A. and Ortiz, M. 2012. Genome based phylogeny of the Genus *Xanthomonas*. *Biomedical Central Microbiology*, 12(1): 1-14.
- Romero, S., Jordan, B. and Heinemann, J. 2012. Isolation and characterization of bacteriophages infecting *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, the causal agent of walnut blight disease. *World Journal Microbiol Biotechnology*, 28: 1917-1927.
- Rudolph, K. 1993. Infection of the plant by *Xanthomonas*: *Xanthomonas*, Ed.: Swings J.G., Civerolo E.L., Springer, Dordrech, pp: 193-264.
- Ryan, R., Vorhölter, F., Potnis, N., Jones, J., Van Sluys, M., Bogdanove, A. and Dow, J.M. 2011. Pathogenomics of *Xanthomonas*: understanding bacterium-plant interactions. *Nature Reviews Microbiology*, 9(5): 344-355.
- Sands, D. C. and Fourrest, E. 1989. *Xanthomonas campestris* pv. *translucens* in North and South America and in the Middle East 1. *EPPO Bulletin*, 19(1): 127-130.
- Sasser, M. 1990. Identification of bacteria through fatty acid analysis. Ed.: Klement, Z., Rudolph, K., Sands, D., Methods in Phytobacteriology, Budapest, Hungary, pp:199-204.
- Sawada, H., Kunugi, Y., Watauchi, K., Kudo, A. and Sato, T. 2011. Bacterial spot, a new disease of grapevine (*Vitis vinifera*) caused by *Xanthomonas arboricola*. *Japanese Journal of Phytopathology*, 77: 7-22.
- Schaad, N. W., Jones, J. B. and Chun, W. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. Minnesota, 373p.
- Schaad, N.W., Postnikova, E. and Lacy, G.H. 2006. Emended classification of *xanthomonad* pathogens on citrus. *Systematic and Applied Microbiology*, 29: 690-695.
- Sharma, A. 1999. *Xanthomonas*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2323–2329.

- Sharma, A., Gautam, S. and Wadhawan, S. 2014. *Xanthomonas*: *Encyclopedia of Food Microbiology*, Ed.: Batt, C.A., Tortorello, M., Academic, Amsterdam, pp: 811–817.
- Smith, E. F., Jones, L. R. and Reddy, C. S. 1919. The black chaff of wheat. *Science*, 50(1280): 48-48.
- Soylu, S., Sertkaya, E., Üremiş, İ., Bozkurt, İ. A. ve Şener, K. 2017. Hatay ili marul (*Lactuca sativa* L.) ekim alanlarında görülen önemli hastalık etmenleri, zararlı ve yabancı ot türleri ve yaygınlık durumları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 23-33.
- Stead, D.E. 1992. Techniques for detecting and identifying plant pathogenic bacteria: Techniques for the Rapid Detection of Plant Pathogens, Ed.: Duncan, J.M., Torrance, L., Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, p: 76-111.
- Stall, R.E., Beaulieu, C. and Egel, D.S. 1994. Two genetically diverse groups of strains are included in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44: 47-53.
- Starr, M.P. 1983. *Phytopathogenic Bacteria*. New York, 168p.
- Stead, D. 1989. Grouping of *Xanthomonas campestris* pathovars of cereals and grasses by fatty acid profiling. *EPPO Bulletin*, 19(1): 57-68.
- Sunyar, B., Dönmez, M. F. ve Çoruh, İ. 2021. Iğdır’da domates (*Solanum lycopersicon* L.)’te hastalığa neden olan bakterilerin izolasyonu ve tanısı. *Journal of Agriculture*, 4(2): 108-129.
- Swings, J., Van Den Mooter, M., Vauterin, L., Hoste, B., Gillis, M. and Mew, T.W. 1990. Reclassification of the causal agents of bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) and bacterial leaf streak (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzicola*) of rice as pathovars of *Xanthomonas oryzae* (ex Isiyama 1922) sp. nov., nom. rev. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40(3): 301-311.
- Tian, Q., Zhao, W., Lu, S., Zhu, S. and Li, S. 2016. DNA barcoding for efficient species-and pathovar-level identification of the quarantine plant pathogen *Xanthomonas*. *PLoS One*, 11(11): e0165995.
- Timilsina, S., Kara, S., Jacques, M. A., Potnis, N., Minsavage, G. V., Vallad, G. E. and Fischer-Le Saux, M. 2019. Reclassification of *Xanthomonas gardneri* (ex Šutič 1957) Jones et al. 2006 as a later heterotypic synonym of *Xanthomonas cynarae* Trébaol et al. 2000 and description of *X. cynarae* pv. *cynarae* and *X. cynarae* pv. *gardneri* based on whole genome analyses. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69(2): 343-349.
- Timilsina, S., Potnis, N., Newberry, E. A., Liyanapathirana, P., Iruegas-Bocardo, F., White, F. F. and Jones, J. B. 2020. *Xanthomonas* diversity, virulence and plant–pathogen interactions. *Nature Reviews Microbiology*, 18(8): 415-427.
- Ünlü, S. ve Aysan, Y. 2016. Sardunya (*Pelargonium* spp.) bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii*’nin biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2(1): 25-38.
- Valverde, A., Hubert, T. and Stolov, A. 2007. Assessment of genetic diversity of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* isolates from Israel by various DNA fingerprinting techniques. *Plant Pathology*, 56: 17-25.

- Van den Mooter, M. and Swings, J. 1990. Numerical analysis of 295 phenotypic features of 266 *Xanthomonas* strains and related strains and an improved taxonomy of the genus. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 40(4): 348-369.
- Vauterin, L., Swings, J., Kersters, K., Gillis, M., Mew, T. W., Schroth, M.N., Palleroni, N.J., Hildebrand, D.C. and Stead, D.E. 1990. Towards an improved taxonomy of *Xanthomonas*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40(3): 312-316.
- Vauterin, L., Hoste, B., Yang, P., Alvarez, A., Kersters, K. and Swings, J. 1993. Taxonomy of the genus *Xanthomonas*: *Xanthomonas*, Ed.: Swings, J. G., CiveroIo, E. L., Springer, London, pp: 157-192.
- Vauterin, L., Hoste, B., Kersters, K. and Swings, J. 1995. Reclassification of *Xanthomonas*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 45(3): 472-489.
- Vicente, J. G., Conway, J., Roberts, S. J. and Taylor, J. D. 2001. Identification and origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* races and related pathovars. *Phytopathology*, 91(5): 492-499.
- Young, J.M., Wilkie, J.P., Park, D.S. and Watson, D.R.W. 2010. New Zealand strains of plant pathogenic bacteria classified by multi-locus sequence analysis; proposal of *Xanthomonas dyei* sp. nov.. *Plant Pathology*, 59: 270-281.
- Yörük, B. ve Mirik, M. 2021. Ceviz bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*'e karşı antagonist bakteriyel izolatların in vitro koşullarda biyokontrol etkinliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (3): 569-577.
- Yüce, H. G., Tosun, N. and Türküsay, H. 2020. Studies on efficacies of different application programmes on bacterial leaf spot (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*) and late blight (*Phytophthora infestans*) of processing tomato. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Özel Sayı: 61-69.
- Wakker, J.H. 1883. Vorläufige mitteilungen tiber hyacinthenkrankheiten. *Botanisches Centralblatt*, 14: 315-17.
- Wallin, J. R. 1946. Parasitism of *Xanthomonas translucens*.(JJ and R.) Dowson on grasses and cereals. *Iowa State College Journal of Science*, 20: 171-93.
- Wang, Z.K., Comstock, J.C., Hatziloukas, E. and Schaad, N.W. 1999. Comparison of PCR, BIO-PCR, DIA, ELISA and isolation on semiselective medium for detection of *Xanthomonas albilineans*, the causal agent of leaf scald of sugarcane. *Plant Pathology*, 48(2): 245-252.
- Xu, J., Zhang, Y., Zhang, P., Trivedi, P., Riera, N., Wang, Y. and Wang, N. 2018. The structure and function of the global citrus rhizosphere microbiome. *Nature Communications*, 9(1): 4894.
- Zhao, Y., Damicone, J. P. and Bender, C. L. 2002. Detection, survival, and sources of inoculum for bacterial diseases of leafy crucifers in Oklahoma. *Plant Disease*, 86(8): 883-888.
- Zillinsky, F. J. and Borlaug, N. E. 1971. Progress in developing triticale as an economic crop. *International Maize and Wheat Improvement Center*, 17: 18-21.



Kızartma ile Oluşan Isıl Proses Kirleticileri ve Sağlık Etkileri^A

Kezban ŞAHİN^{1*}, Saniye BİLİCİ²

Öz: Kızartma yöntemi, bilinen en eski pişirme yöntemlerinden biridir. Kızartılmış besinler lezzet, renk, doku ve görünüm gibi organoleptik ve duyuşal özellikleri sayesinde tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Kızartmada kullanılan yağın türü, yağ asidi bileşimi ve niteliği oldukça önemlidir. Çünkü kızartma süresince sıcaklık, nem ve oksijene bağlı olarak birçok kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir. Bu reaksiyonların ilerlemesi ile ısıl proses kirleticileri olarak adlandırılan ve kanser başta olmak üzere obezite, kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok sağlık problemi ile ilişkilendirilen; akrilamid, 3-kloropropan-1,2-diol (3-MCPD), glisidil esterleri (GE), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), trans yağ asitleri (TYA) ve furanlar oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, güncel araştırmalar doğrultusunda kızartma amaçlı kullanılan yağ türlerini ve bileşimini incelemek, kızartma işlemi sonucunda oluşan ısıl proses kirleticilerinin sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Anahtar Kelimeler: Kızartma, bitkisel yağlar, ısıl proses kirleticileri, sağlık etkileri.

Thermal Process Contaminants by Frying and It's Health Effects

Abstract: Frying is one of the oldest known cooking methods. Fried foods are frequently preferred by consumers due to their organoleptic and sensory properties such as flavor, color, texture, and appearance. The

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Kezban ŞAHİN, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Toplu Beslenme Sistemleri Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye, ksahin@bandirma.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9278-9130](https://orcid.org/0000-0001-9278-9130)

² Saniye BİLİCİ, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Toplu Beslenme Sistemleri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, sgbilici@gazi.edu.tr, [OrcID 0000-0002-1235-0329](https://orcid.org/0000-0002-1235-0329)

type, fatty acid composition, and quality of the oils used in frying are very important. Because during frying, many chemical reactions occur depending on temperature, humidity, and oxygen. With the progression of these reactions, acrylamide, 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD), glycidyl esters (GE), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), trans fatty acids (TFAs) and furans, which are called thermal process contaminants, are formed. These compounds are associated with many health problems such as obesity, cardiovascular diseases, especially cancer. The aim of this review is to examine the oils used in deep-frying in the light of current research and to evaluate the health effects of thermal process contaminants formed during deep-frying.

Keywords: Frying, vegetable oils, thermal process contaminants, health effects.

Giriş

Kızartma, günlük hayatta evsel ve endüstriyel ölçekte yaygın olarak kullanılan pişirme yöntemlerinden birisidir ve genelde 140-190 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir (Haddarah ve ark., 2021). Kullanılan yağ miktarına göre üç farklı kızartma yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler; derin yağda kızartma (deep-frying), az miktarda yağ içine kısmen batırma (tavada kızartma) veya çok kızgın yağda özel bir tavada (wok içinde) kızartmadır (Hosseini ve ark., 2016).

Kızartma işleminde yağ, ısı kaynağından yiyeceğe enerjinin transfer edilmesi için ortam hazırlamaktadır. Bu işlemde besin ile yağ arasında zıt yönlere gerçekleşen kütle ve ısı transferleri aynı anda hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Örneğin nişastalı besinlerde su ve az miktarda çözünür madde üründen ayrılırken yağ besinin içine doğru hareket etmektedir (Gertz, 2014; Asokapandian ve ark., 2020).

Kızartma süresinde kızartılan besinin yağ alımını etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler, besinin özelliklerine (besinin boyutu, şekli, yüzeyi, içeriği), kullanılan yağa (yağın türü, rafinasyon derecesi, kalitesi), kızartma sürecine ilişkin (kızartma sıcaklığı, süresi) parametrelerdir. Bununla birlikte blanching, pre-drying, coating gibi kızartma öncesinde uygulanan işlemlerin de besinlerin yağ çekme kapasitesini etkileyebileceği bildirilmiştir (Oladejo ve ark., 2018; Asokapandian ve ark., 2020). Günümüzde geleneksel kızartma yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen air-frying, vakumlu kızartma gibi yeni teknolojiler; besinlerin yağ çekme oranını azaltmakta ve daha kaliteli kızartılmış besinlerin üretilmesini sağlamaktadır (Fang ve ark., 2021).

Kızartma prosesi boyunca sıcaklık, nem ve oksijene bağlı olarak hidroliz, oksidasyon, izomerizasyon ve polimerizasyon gibi birçok kimyasal reaksiyon gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar ile üründeki lezzet bileşenleri azalmakta ve yapısal değişimler gerçekleşmektedir. Ek olarak reaksiyonların ilerlemesi sonucunda yağların kalitesi bozularak besin değeri azalmakta, çok sayıda uçucu ve uçucu olmayan bileşikler meydana gelmektedir (Bhat ve ark., 2022). Isıl proses kirleticileri olarak adlandırılan bu bileşikler, olumsuz sağlık sonuçlarıyla ilişkilendirilmektedir (Hogervorst ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022). Isıl proses kirleticilerinin oluşumu kullanılan kızartma yöntemi ile yakından ilişkilidir (Lee ve ark., 2020). Bu derlemede, kızartma amaçlı kullanılan yağlar ve kızartmada oluşan ısıl proses kirleticilerinin (akrilamid, 3-kloropropan-1,2-diol, glisidil

esterleri, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, trans yağ asitleri ve furanlar) sağlık üzerindeki etkilerinin tartışılması amaçlanmıştır.

Kızartma Amaçlı Kullanılan Yağlar

Kızartma işlemi gıdaların aroma, renk, çıtırlık gibi tekstürel ve duyuşsal özelliklerini iyileştirerek tüketilebilirliğini arttırmak amacıyla özellikle toplu beslenme kuruluşlarında sıklıkla tercih edilen bir pişirme yöntemidir. Kızartma sırasında meydana gelen reaksiyonlar nedeniyle yağda bazı fiziksel ve kimyasal değişimlerin yanı sıra ısı işleme bağı mutajenik ve karsinojenik bileşikler ortaya çıkabilmektedir (Aladedunye, 2016). Kızartma işleminde meydana gelen ve sağlık üzerine olumsuz etkilere neden olabilecek değişimlerin azaltılması ve kontrol altına alınmasında kızartma yağının seçimi önem taşır. Kızartma yağının performansının değerlendirilmesinde yağın dumanlanma noktası ile oksidatif stabilitesi, serbest yağ asitliği içeriğı, ulaşılabilirliği ve fiyatının yanı sıra, kızartılan besine ait fizyolojik özellikler de (düşük trans yağ asidi içeriğı, allerjen ve genetiğı değiştirilmiş organizma olmaması) önemli karar noktaları olarak nitelendirilmektedir (Ramroudi ve ark., 2022).

Kızartma yönteminde kızartma yağının ısıya karşı dayanıklılığı önem taşımaktadır. Kızartma sırasında yağda ısı etkisiyle zamanla fiziksel ve kimyasal değişiklikler sonucunda termal oksidasyon, polimerizasyon ve hidroliz görülmektedir. Bu reaksiyonlar sonucunda yağın peroksit değerinde artış meydana gelmekte ve yüksek moleköl ağırlıklı dekompozisyon ürünleri (polar maddeler gibi) oluşmaktadır (Gertz, 2014; Hosseini ve ark., 2016). Polar maddeler, yağların bozunma reaksiyonlarının ilerlemesi ile oluşan polar yapıda ve uçucu olmayan ürünlerin tümünü ifade eder. Oluşan oksidasyon ürünleri, kızartmada kullanılan yağın kalitesini azaltmanın yanı sıra, kızartılan ürünün tat, lezzet ve besleyici değer açısından olumsuz etkilenmesine neden olur (Baltacıoğlu, 2016). Trigliserit yapısında oleik, linoleik ve linolenik gibi doymamış yağ asitlerinin yer alması da oksidasyon için kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle termal oksidasyonun neden olduğu degradasyon, doymamış yağ asidi içeren yağlarda daha fazla ve hızlı şekilde gerçekleşmektedir. Doymamış çift bağı sayısı arttıkça yağlar oksidasyona daha yatkın hale gelmektedir (Cakmak Arslan, 2022). Yağların oksidasyon stabilitesini etkileyen temel yağ asitleri Çizelge 1'de gösterilmiştir (Alasalvar ve ark., 2006; Hosseini ve ark., 2016; Barrera-Arellano ve ark., 2018).

Çizelge 1. Bazı yağ türlerinin yağ asidi bileşimi (Alasalvar ve ark., 2006; Hosseini ve ark., 2016; Barrera-Arellano ve ark., 2018).

Yağ türleri	Oleik asit (%)	Linoleik asit (%)	Linolenik asit (%)	SFA (%)	SFA/MUFA/PUFA
Fındık yağı	82.78	8.85	0.12	7.79	1:10.62:1.15
Zeytinyağı	78.96	5.01	0.7	13.45	1:5.83:0.43
Kanola yağı	59.41	20.61	8.36	7.41	1:8.52:4.13
Kolza yağı	58.4	22.7	6.2	8.1	-
Yer fıstığı yağı	52.8	29.1	0	15.9	1:3.46:1.83
Pirinç kepeği yağı	43.15	30.92	1.15	25.6	1:1.71:1.2
Palm yağı	42.06	12.37	0.52	50	1:0.8:0.2
Palm olein	42.22	11.75	0.28	46.85	1:0.9:0.21
Mısırozü yağı	30.50	52.0	1.0	15.0	-
Tereyağı	27.95	3.1	0.1	68.2	1:0.46:0.06
Ayçiçek yağı	27.69	60.58	0.32	11.37	1:2.97:5.01
Soya yağı	23.22	53.64	6.34	16.3	1:1.45:3.87
Aspir yağı	11.04	70.46	0	-	-

SFA: Doymuş yağ asitleri; MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri; PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri.

Linolenik asit ve linoleik asit, bitkisel yağlarda bulunan iki temel çoklu doymamış yağ asididir. Yapılan bir araştırmada linoleik asit içeriği düşük olan zeytinyağının, derin yağda kızartma işlemi için palm yağı ve soya yağından daha uygun olduğu bildirilmiştir (Chiang ve ark., 2022). Başka bir çalışmada ise doymamış yağ asidi içeriği düşük olan palm yağı ve kolza yağının, ayçiçek yağına göre daha az oranda aldehit emisyonuna neden olduğu ve kızartma için daha uygun olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte kızartma uygunluğu açısından önemli olan tek parametrenin kullanılan yağların bileşimi olmadığı vurgulanmıştır (Peng ve ark., 2017; Szabo ve ark., 2022).

Kızartma işleminde bitkisel, hayvansal ve karışım yağlar kullanılabilir. Bununla birlikte, günümüzde beslenme ile ilişkili olumlu sağlık etkileri nedeni ile kızartmada bitkisel sıvı yağların kullanımı tercih edilmektedir (Asokapandian ve ark., 2020). Zeytinyağı bileşimi nedeni ile otooksidasyona karşı daha dirençli ve yüksek pişirme sıcaklığına daha dayanıklıdır (Ambra ve ark., 2022). Kritik sıcaklık derecesi, yağların kimyasal yapılarının bozulduğu sıcaklık derecesi olarak tanımlanmaktadır. Kritik sıcaklık derecesine göre palm yağı birinci derecede yer alırken yer fıstığı ve zeytinyağı ise palm yağını takip etmektedir. Bu doğrultuda yüksek maliyeti nedeniyle kızartma amacıyla tercih edilmese de olumlu sağlık etkileri ve kritik sıcaklık derecesi göz önünde bulundurulduğunda zeytinyağının kızartma için uygun bir yağ olduğunu söylemek mümkündür (Depren ve ark., 2008).

Yapılan bir çalışmada, ekstra sızma zeytinyağının kızartma işlemi için kullanılmasının kardiyovasküler hastalıklar ve obezite riskini olumsuz yönde etkilemediği ancak Akdeniz diyeti doğrultusunda ekstra sızma zeytinyağının tek başına kullanılmasının sağlık açısından daha uygun olduğu bildirilmiştir (Sayon-Orea ve ark., 2015). Yapılan başka bir araştırmada, benzer şekilde zeytinyağının Akdeniz ülkelerindeki primer kullanım amacının kızartma olmadığı ifade edilmiş ve olumlu sağlık etkilerine rağmen yüksek maliyetinden dolayı yaygın olarak tüketilemediği bildirilmiştir (Cakmak Arslan, 2022).

Yer fıstığı yağı ve kanola yağı, yüksek dumanlanma noktası ve yağ asidi kompozisyonu sayesinde kızartma için ideal yağ türleri olarak nitelendirilmektedir (Asokapandian ve ark., 2020). Yer fıstığı (*Arachis hypogaeae*), *Fabaceae* familyasına ait bir bitkidir ve önemli bir yağ kaynağıdır. Özellikle yüksek dumanlanma noktası ve düşük trans yağ asidi oluşumu sayesinde hem yemeklik hem de kızartma amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2022).

Çin'de yapılan bir araştırmada, farklı yağ çeşitleri (soya fasulyesi yağı, kolza yağı, yerfıstığı yağı ve zeytinyağı) ile derin yağda kızartma işleminin süresinin (15 dk, 30 dk, 45 dk) tavuk nugget ve patates örneklerinde polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) oluşumu üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Kızartma öncesinde PAH'ların tüm yağ çeşitlerinde en düşük seviyede olduğu bildirilmiştir. Kızartma sonrasında ise PAH içeriği soya fasulyesi yağında en düşük iken yerfıstığı yağında en yüksek seviyede bulunmuştur. Kızartma süresi artışına paralel bir şekilde derin yağda kızartma işleminde, PAH türleri ve konsantrasyonlarının arttığı saptanmıştır. Benzo (a) piren, benzo (a) floranten, benzo (a) antrasen ve krisenden oluşan dört PAH'ın toplam düzeyi ise 45 dk'lık derin yağda kızartma sonucunda özellikle yerfıstığı yağı ve zeytinyağı örneklerinde yüksek bulunmuştur. Ancak bu değerlerin kabul edilebilir limitlerin (maksimum 10 µg/kg) arasında olduğu belirtilmiştir (Hao ve ark., 2016).

Palm yağı, palmye ağacının meyvesinden (*Elaeis guineensis*) elde edilen bir yağ türüdür (Elmas ve Bayizit, 2021). Palm yağının yağ asidi örüntüsü dengelidir ve %40.0 oranında oleik asit (MUFA), %10.0 linoleik asit (PUFA), %45.0 palmitik asit (SFA) ve %5.0 stearik asit (SFA) içermektedir (Boateng ve ark., 2016). Palm yağı ve özellikle palm yağının sıvı fraksiyonu olan palm oleini, kızartma işleminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeni, palm yağının maliyetinin ve serbest yağ asidi oranının düşük (<%0.5); erişilebilirliğinin, dumanlanma noktasının (230 °C) ve oksidatif stabilitesinin yüksek olmasıdır (Ismail ve ark., 2018). Yapılan bir çalışma sonucunda, ayçiçek yağı yerine palm yağının uygun sıcaklık derecesinde (180 °C) kızartma yağı olarak kullanılabilirliği, karotenoidlerin ve antioksidanların yüksek düzeyde bulunmasının palm yağına oksidatif stabilite verdiği ifade edilmiştir. Bu olumlu etkiler nedeniyle palm yağının Avrupa pazarında ve mutfaklarda pişirme yağı olarak geniş bir kullanım alanının olabileceği bildirilmiştir (Andreu-Sevilla ve ark., 2009). Bununla birlikte yapılan bazı çalışmalarda palm yağının sağlık üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı (Ismail ve ark., 2018; Wang ve ark., 2019) hatta potansiyel terapötik etkilerinin olduğu (Zainal ve ark., 2022) sonucu çıkarılırken bazılarında olumsuz sağlık sonuçlarının neden olabileceği sonucuna varılmıştır (Abdulwaliyu ve ark., 2022). Ancak palm yağı ve sağlık etkilerine yönelik mevcut kanıtların zayıf olduğu (Zulkipli ve ark., 2019) ve sonuçların çelişkili çıkmasındaki en önemli nedenin palm yağının farklı fraksiyonlarının ve palm yağı ile birlikte farklı yağların kullanımı olduğu, palm yağının olası etkilerinin netleşmesi için farklı hastalıklar üzerindeki etkilerini de gösteren daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Voon ve ark., 2019; Abdulwaliyu ve ark., 2022).

Mısırözü yağı, yüksek oranda linoleik ve oleik asit içeren bitkisel yağ türüdür ve bileşiminde %60.0 çoklu doymamış, %25.0 tekli doymamış ve %15.0 oranında doymuş yağ asidi bulunmaktadır. Bileşimindeki tokoferoller, tokotrienoller vb. antioksidanların varlığı sayesinde yüksek oksidatif stabiliteye sahip olan mısırözü yağı, kızartmada kullanılmaktadır ancak nispeten daha pahalıdır (Barrera-Arellano ve ark., 2018). Ayçiçek yağı,

ülkemizde kızartma için en fazla tercih edilen bitkisel yağlardan biridir ve yüksek oranda linoleik asit (%48.3-74.0) içermektedir (Boukandoul ve ark., 2019; Kasapoğlu ve Sağlam 2021). Bu durum, tekrarlanan kızartma işlemi sırasında oksidatif stabilitenin azalması ve lipid peroksidasyonunun hızlanması ile sonuçlanır. Ayçiçek yağının oksidasyona karşı direncini artırmak amacıyla genetik modifikasyon yoluyla yüksek oleik asitli ayçiçek yağı üretilmektedir. Ancak yüksek oleik asitli ayçiçek yağının kızartma performansının değerlendirilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Chen ve ark., 2023).

Farklı yağların birbirleri ile karıştırılması ile elde edilen harmanlanmış yağlara karşı talep son yıllarda hızla artmaktadır. Bu yöntem ile yağların oksidatif stabilite gibi kimyasal özelliklerinin yanı sıra besin değeri de iyileştirilmekte ve daha sağlıklı bir karışım elde edilmektedir (Hashempour-Baltork ve ark., 2016; Khakbaz Heshmati ve ark., 2022). Yapılan bir araştırmada, farklı oranlarda pirinç kepeği yağı karıştırılmış soya yağında oksidatif ürün oluşumunun daha düşük oranda olduğu bildirilmiş ve pirinç kepeği yağı ile harmanlama işleminin kızartma sıcaklığında lipid peroksidasyon sürecini geciktirebileceği bildirilmiştir (Ali ve ark., 2020).

Susam yağı, %85.0 oranında doymamış yağ asidi içeriğine sahip olmasının yanı sıra bileşiminde bulunan lignanlar ve tokoferoller nedeniyle oksidasyona karşı dayanıklıdır. Bununla birlikte kızartmalarda tek başına kullanılmasının ekonomik olmadığı ve bu sebeple farklı bitkisel yağlar ile karıştırılmasının maliyeti düşürerek geleneksel yağlara iyi bir alternatif olabileceği belirtilmiştir (Hashempour-Baltork ve ark., 2016). Yapılan bir araştırmada; ayçiçek yağı, mısırözü yağı ve bu yağların susam yağı ile karışımları kızartma açısından değerlendirilmiş; özellikle mısırözü ve susam yağı kombinasyonunun besin değeri ve oksidatif stabilite açısından daha iyi performans gösterdiği saptanmıştır (Ramroudi ve ark., 2022).

Üzüm çekirdeği yağının linoleik asit içeriği yüksek olmasına rağmen oksidatif stabilitesi düşüktür. Susam yağı ve üzüm çekirdeği yağının karıştırıldığı bir çalışmada, karışım yağın oksidatif stabilitesinin arttığı ve maliyetinin düştüğü bildirilmiştir. Bununla birlikte karışım yağın kızartma işlemi süresince asit sayısı ve peroksit değeri yasal limitleri aştığı için kızartmaya uygun olmadığı ifade edilmiştir (Khakbaz Heshmati ve ark., 2022).

Kızartma işlemi için ideal tek bir yağ bulunmamaktadır. Bununla birlikte seçilecek yağın, kızartma işlemi sırasında iyi performans göstermesi, ürüne uygun lezzet, çekici görünüm ve doku vermesi gerekmektedir. Ayrıca yağ türü fark etmeksizin yağların tekrarlı kullanımında dikkat edilmesi gereken bazı hususlara dikkat etmek gerekir. Çünkü yağların tekrarlı kullanılması, kaliteli kızarmış besin üretimini engellemekte, yağların bozulmasını hızlandırmakta ve insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır (Gertz, 2014; Hashempour-Baltork ve ark., 2016; Ramroudi ve ark., 2022). Kızartma yağlarının tekrarlı kullanımının belirlenmesinde çeşitli kimyasal ve fiziksel indeksler ile yağ kalitesini test etmek çok önemlidir (Gertz, 2014). Yağların kalitesinin değerlendirilmesinde bozulma indeksleri olarak kullanılan parametreler; peroksit, p-anisidin, karbonil değeri, polar bileşikler ve polimerize triaçilgliserollerdir. Bu değişkenler doğrultusunda birçok ülkede kızartma ile yüksek kaliteli besinler elde etmek amacıyla yasal düzenlemeler oluşturulmuştur (Hosseini ve ark., 2016). Ülkemizde Resmi Gazete’de yayımlanan 28290 sayılı Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği’ne göre kızartmada kullanılacak yağın sıcaklığı ≤ 180 °C, polar madde oranı ≤ 25 ve asit sayısı ≤ 2.5 mg KOH g⁻¹ yağ olarak belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2023).

Kızartma ile Oluşan Isıl Proses Kirleticileri ve Sağlık Etkileri

Kızartma yöntemi her ne kadar toplu beslenme yapılan kurumlarda ve ev ortamında sıklıkla kullanılan pişirme yöntemlerinden biri olsa da yanlış uygulamalar nedeniyle bazı sağlık risklerini de beraberinde getirmektedir. Bu risklere neden olanların başında ürüne uygulanan ısı işlemler sonrasında toksik ve karsinojenik bileşikler olarak bilinen ısıl proses kirleticileri yer almaktadır (Liu ve ark., 2023). Temel ısıl proses kirleticileri akrilamid, 3-kloropropan-1,2-diol (3-MCPD) ve glisidil esterleri (GE), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), trans yağ asitleri (TYA) ve furanlardır (Aladedunye, 2016).

Isıl proses kirleticilerinin oluşumunda sıcaklık, nem, oksijen, asitlik, oksidatif stabilite, yağın türü, kullanım sayısı, kızartma süresi vb. faktörlerin yanı sıra kızartma yöntemi de etkilidir. Etkili olan bu faktörler dikkate alınarak ısıl proses kirleticilerinin oluşumunun azaltılmasına yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmiştir (Zhou ve ark., 2022). Bunlardan biri air-frying teknolojisidir. Tavuk eti ile yapılan bir araştırmada air-frying teknolojisinin derin yağda kızartma yöntemine göre akrilamid ve PAH oluşumunu azaltabileceği bildirilmiştir (Lee ve ark., 2020). Sansano ve arkadaşları (2015) da patates örneğinde derin yağda kızartma yöntemi ile karşılaştırıldığında air-frying yönteminin akrilamid oluşumunu %90.0 oranında azalttığını ifade etmiştir. Ek olarak derin yağda kızartma öncesinde nikotik asit, sitrik asit, glisin, sodyum klorür gibi kimyasal ajanlar ile ön işlem uygulanması da akrilamid düzeyini %80.0-90.0 oranında azaltmıştır (Sansano ve ark., 2015). Bir diğeri ise antioksidan özelliğe sahip ajan kullanımıdır. Bu amaçla yeşil çay, bambu yaprakları, üzüm çekirdeği ve biberiye ekstraktlarının kullanıldığı bir çalışmada kızarmış ördekteki PAH oluşumunun inhibe edildiği sonucuna varılmıştır (Shen ve ark., 2022). Kızarmış domuz eti ile yapılan bir araştırmada da benzer sonuçlara ulaşılmış olup zencefil ve biberiye'nin heterosiklik aminler, PAH ve trans yağ asidi oluşumunu engelleyebileceği gösterilmiştir (He ve ark., 2022). Bahsedilen yöntemler ile ısıl proses kirleticilerinin oluşumunun engellenmesi veya azaltılması, olumsuz sağlık sonuçlarını en aza indirgeyebilir.

Akrilamid

Akrilamid, karbonhidratlar ve proteinler açısından zengin besinlerin kızartma, kavurma gibi yüksek sıcaklık gerektiren işlemlere maruz kalmaları sonucunda oluşan, nörotoksik ve potansiyel karsinojenik bir maddedir (Haddarah ve ark., 2021). Özellikle kızartma süresince meydana gelen kimyasal reaksiyonlar, insan sağlığı açısından zararlı olan lipid bozunma ürünlerinin ve akrilamidin birikimine neden olmaktadır. Kızartma sıcaklığının ve süresinin standart olmaması, besinlerdeki akrilamid konsantrasyonunun artırmaktadır (Liu ve ark., 2019; Haddarah ve ark., 2021). Ayrıca kızartmada kullanılan yöntem de akrilamid konsantrasyonunu etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda air-frying teknolojisi, derin yağda kızartma yöntemine göre daha düşük oranda akrilamid oluşumu ile ilişkilendirilmiştir (Sansano ve ark., 2015; Lee ve ark., 2020).

Lipid oksidasyonu, akrilamid oluşumunu desteklemektedir. Lipid oksidasyonunda akrilamid, gliserol dehidrasyonun sonucunda oluşan akroleinden veya akrilik asitten oluşabileceği gibi doğrudan asparajin aminoasidinden de oluşabilmektedir. Ancak akrilamid oluşumuna yönelik en yaygın görüş; bu bileşiğin 120 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda indirgen şekerlerin karbonil grupları ve asparajin aminoasidinin amino grubunun

kondenzasyonu aracılığıyla Maillard reaksiyonu sırasında oluştuğu yönündedir (Pelucchi ve ark., 2015; Hogervorst ve ark., 2022).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından akrilamid, Grup 2A'da (muhtemelen kanserojen) sınıflandırılmıştır. Akrilamid, küçük hidrofilik yapıda bir molekül olup vücuttaki her organ ve dokuya ulaşabilmektedir. Bu nedenle tüm dokuları hedef alarak karsinogeneze yol açabilmektedir. Akrilamidin iki temel metabolik yolağı bulunmaktadır. Bu yolaklardan birincisi, glutatyon S-transferaz (GST) aracılığıyla glutatyon konjugasyonunu doğrudan etkilemesidir (Liu ve ark., 2019). İkincisi ise sitokrom P450 (CYP2E1) tarafından kısmen glisidamide metabolize edilmesidir. Glisidamidin ise hemoglobin ve DNA'ya bağlanarak genotoksisiteye neden olduğu bilinmektedir (Kito ve ark., 2020).

Batı toplumlarında yapılan epidemiyolojik araştırmaların dahil edildiği bir meta-analiz çalışmasında, diyet ile akrilamid alımının sigara içmeyenlerde böbrek, over ve endometriyum kanserleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ancak yaygın olarak görülen diğer kanser türleri ile anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Pelucchi ve ark., 2015). Hollanda'da yapılan araştırmalara göre diyetle akrilamid alımı ve CYP2E1 tek nükleotid polimorfizmi arasındaki etkileşim, over ve endometriyum kanserleri ile ilişkisini açıklamaktadır. Ancak bu sonuçların doğrulanması için ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Hogervorst ve ark., 2016., Hogervorst ve ark., 2017).

Liu ve arkadaşları (2019), Japon popülasyonu için diyetle akrilamid alımının; özofagus, mide ve kolorektal kanser riski ile ilişkili olmadığını rapor etmiştir (Liu ve ark., 2019). Japon toplumu için benzer sonuçlar, pankreas kanseri, endometriyum ve over kanseri için de elde edilmiştir. Bu durum, Batı toplumlarına kıyasla Japon toplumunun daha düşük diyetle akrilamid alımının olması ile ilişkilendirilmiştir (Kito ve ark., 2020; Kotemori ve ark., 2018).

Yetişkin bireyler ile araştırmada, akrilamid maruziyetinin oksidatif stres, inflamasyon ve transforme edici büyüme faktörü- β 1'in (TGF- β 1) indüklenmesi aracılığıyla kardiyovasküler hastalık riskini arttırdığı saptanmıştır (Wang ve ark., 2022). Bir meta analiz çalışmasında gebelik döneminde maternal akrilamid maruziyetinin fetal gelişim parametrelerini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Hogervorst ve ark., 2022). Çin'de sigara içmeyen yaşlı popülasyon ile yapılan çalışmada dört yıllık takip süresi boyunca diyetle akrilamid maruziyeti erkeklerde hafif düzeyde bilişsel gerileme ile ilişkilendirilmiştir. Ancak aynı ilişki kadınlarda saptanmamıştır (Liu ve ark., 2017). Kuzey Amerika'da yapılan sekiz yıl takip süreli prospektif kohort çalışmasında ise diyetle akrilamid maruziyeti yüksek olan bireylerin osteoporotik kırık riskinin daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (Veronese ve ark., 2022).

3-Kloropropan-1,2-Diol (3-MCPD) ve Glisidil Esterleri (GE)

İnsan vücudu için potansiyel toksik bileşen olarak nitelendirilen 3-MCPD ve GE, rafine bitkisel yağlarda deodorizasyon sırasında oluşan kontaminantlardır. Özellikle yüksek sıcaklık gerektiren kızartma ve fırınlama işlemleri de 3-MCPD ve GE oluşumu için elverişli ortamlardır. Glisidol esterleri genotoksik bir kanserojendir. Bu nedenle IARC tarafından Grup 2A (muhtemelen kanserojen) olarak sınıflandırılmıştır (Goh ve ark., 2021). 3-

MCPD ve glisidol toksisitesine yönelik yapılan araştırmalarda oksidatif stres ve DNA metilasyonunun anahtar rol oynayabileceği bildirilmiştir (Senyildiz ve ark., 2017; Schultrich ve ark., 2020).

Yapılan bir rat çalışmasında dört hafta boyunca 3-MCPD maruziyetinin ovaryan inflamasyonu ile fibrozisi indüklediği; oositlerde folikül olgunlaşmasını bozan ve oosit kalitesini azaltan mitokondiyal disfonksiyon ve demir iyonu homeostazı bozukluklarına neden olduğu bildirilmiştir (He ve ark., 2023).

Başka bir araştırmada ise 3-MCPD ve toksik metaboliti glisidolün beyin dokusunda apoptozisi indükleyebileceği rapor edilmiştir (Sevim ve ark., 2021). Ayrıca bu bileşenlere maruziyetin nekroptozis, otofajik hücre ölümü ve inflamazom aktivasyonu aracılığıyla sistemik toksisite ile nefrotoksisiteyi indüklediği belirtilmiştir (Liu ve ark., 2021). Bununla birlikte 3-MCPD ve glisidil esterleri ile ilgili yapılan araştırmalar hayvan çalışması boyutunda kalmış olup insanlar ile yapılan klinik çalışma bulunmamaktadır.

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, en az iki aromatik halka içeren bir dizi hidrofobik bileşiktir. PAH'lar insan vücudunda çeşitli proteinler ve DNA ile etkileşime girerek kardiyovasküler hastalıklara, kansere ve immünotoksik etkilere neden olabilmektedir (Xin ve ark., 2022). Son durumda otoriteler tarafından 16 PAH bileşiği (naftalin, piren, benzo[a]antrasen (BaA), benzo[b]floranten (BbF), benzo[k]floranten (BkF), benzo[j]floranten (BjF), benzo[a]piren (BaP) vb.) öncelikli kirleticiler kategorisine alınmıştır. Sigara içmeyen yetişkin bireyler için PAH maruziyetinin temel nedeni diyetel alımdır (Alexander ve ark., 2008). Özellikle kızartma yönteminin, yağlarda PAH oluşumunu tetiklediği bilinmektedir (Xin ve ark., 2022).

Kanada'da yapılan bir araştırmada, çocukların üriner PAH metabolitleri ve antropometrik ölçümleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Naftalin ve toplam PAH metabolitleri açısından en yüksek çeyrekliğe sahip olan grubun en düşük çeyrekliğe göre santal obezite riskinin üç kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak 3-5 yaş grubundaki çocuklarda bel boy oranı ve üriner PAH metabolitleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte PAH'ların potansiyel obezogenik ve endokrin bozucu etkileri ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiği ifade edilmiştir (Bushnik ve ark., 2020).

Trans Yağ Asitleri (TYA)

Trans yağ asitleri, trans konfigürasyonunda en az bir doymamış, konjuge olmayan çift bağa sahip yağ asitleridir ve oluşum mekanizmalarından biri kızartma sırasında yağların bileşiminde bulunan cis formundaki doymamış yağ asitleridir. Yapılan bir meta-analiz çalışmasında, maksimum trans yağ asidi oluşumunun yağların çok yüksek sıcaklıklarda (200-240 °C) ve uzun süre ısıtılmasına maruz bırakılması sonucunda gerçekleştiği rapor edilmiştir (Bhat ve ark., 2022).

Dünya Sağlık Örgütü, olumsuz sağlık sonuçları nedeniyle günlük alınan toplam enerjinin %1'inden daha düşük bir oranının TYA'dan gelmesini önermektedir. Olumsuz sağlık sonuçlarına ilişkin potansiyel mekanizma olarak trans yağ asitleri, metabolizmada hepatik hücreler tarafından üretilen Apolipoprotein B-100 partiküllerinin sekresyonunu, lipid kompozisyonunu ve boyutunu değiştirmektedir. Bu değişiklik insan metabolizmasında azalan LDL Apo B-100 ve artan Apo A-I katabolizma oranlarına ve serum lipid düzeylerinde

değişikliklere neden olmaktadır. Ayrıca trans yağ asitleri dolaşımdaki tümör nekrozis faktör- α (TNF- α), interlekin-6 (IL-6) gibi proinflamatuvar sitokin düzeyini arttırmakta ve nitrik okside bağlı arteriyel dilatasyonu güçleştirmektedir (Islam ve ark., 2019). Bir sistematik derleme çalışmasında ise trans yağ asitlerinin (elaidik asit) histon modifikasyonu, DNA metilasyonu ve mikroRNA ile epigenetik mekanizmalar aracılığıyla insülin direnci, lipid ve glikoz metabolizması değişiklikleri, obezite, kanser, diyabet gibi hastalıklara neden olabileceği bildirilmiştir (González-Becerra ve ark., 2019).

Karaciğer fonksiyon testleri ve plazma TYA düzeyleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada ise non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı ile plazma TYA düzeyleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve bu ilişkiye beden kütle indeksinin aracılık ettiği saptanmıştır (Mazidi ve ark., 2018). Yapılan bir meta-analiz çalışmasında ise diyet ile yüksek trans yağ asidi alımı, artmış kardiyovasküler hastalık riski ile ilişkili bulunmuştur (Zhu ve ark., 2019). Başka bir meta-analizde gebelik dönemindeki yüksek TYA düzeyi, yenidoğanın düşük doğum ağırlığı ile ilişkilendirilmiştir (Ren ve ark., 2021). EPIC kohortu ile yürütülen araştırmada, diyetle alınan trans yağ asitlerinin (özellikle elaidik asitin) meme kanseri riskini arttırabileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte altta yatan mekanizmaların belirlenebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu bildirilmiş ve gelecekteki çalışmaların bulguları da bu ilişkiyi desteklerse otoriteler tarafından bildirilen limitlerin yeniden düzenlenebileceği belirtilmiştir (Matta ve ark., 2021).

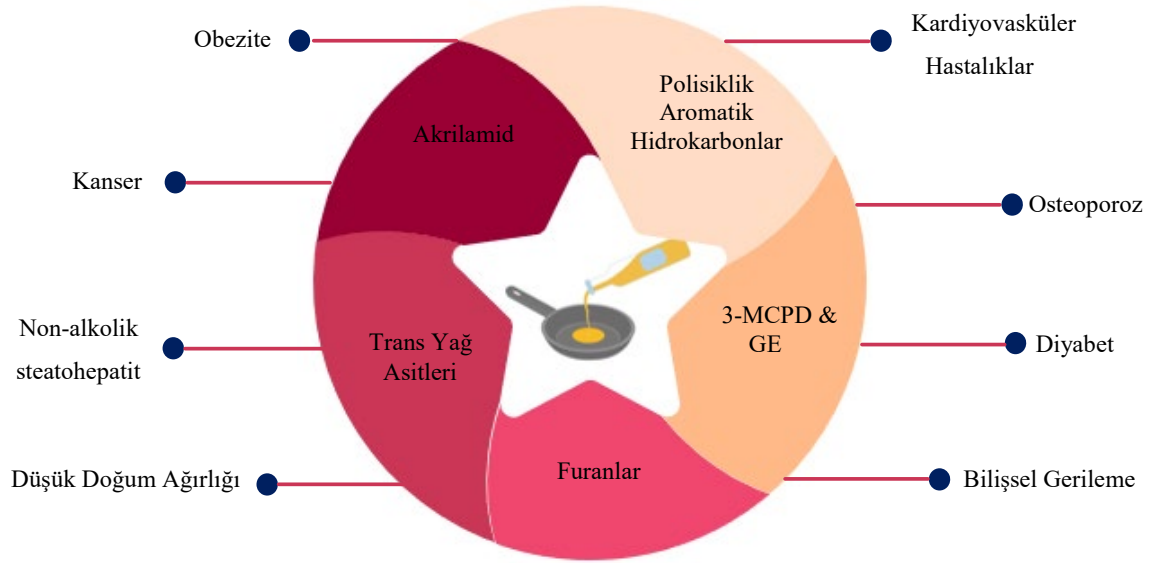
Furanlar

Furanlar; karbonhidratların tek başına veya aminoasitlerin varlığında termal olarak bozunması, belirli aminoasitlerin (serin, sistein) termal olarak bozunması, yüksek sıcaklıklarda askorbik asidin oksidasyonu, PUFA ile karotenoidlerin oksidasyonu gibi farklı mekanizmalar sonucunda oluşmaktadır (Dong ve ark., 2016). Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile lipid peroksitler oluşmakta ve bu reaksiyonlarda ara ürün olarak 4-hidroksi-2-alkenaller, 5-pentilfuran oluşabilmektedir. Bu bileşenler furanların oluşumunda prekürsör maddelerdir (Seok ve ark., 2015).

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF), heksoz şekerlerden 1,2-enolizasyon, dehidrasyon, siklizasyon reaksiyonları ve Maillard reaksiyonu sırasında Amadori ürünlerinin parçalanmasından sonra oluşmaktadır. Besinlerdeki HMF miktarı, işlem sıcaklığı ile ilişkilidir. Kızartma sırasında bileşimlerine ve kızartma koşullarına bağlı olarak besinlerde belirli miktarlarda HMF oluşmakta ve oluşan HMF kızartma yağına geçmektedir. Tekrarlanan kızartmalarla birlikte bu aktarım ve birikme miktarı artmaktadır (Göncüoğlu ve Gökmen, 2013).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi tarafından hazırlanan raporda; furanların invitro araştırmalar doğrultusunda hepatotoksik ve nefrotoksik etki gösterdiği, ratlarda hepatosellüler neoplazmları, kolanjiokarsinomları indüklediği, genotoksisiteye neden olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte furanların ve metilfuranların kanserojenitesinin genom üzerindeki etkisine ilişkin in-vivo çalışmalar yapılması önerilmiştir (Knutsen ve ark., 2017). Furanlar, IARC tarafından Grup 2B'de (insanlar için olası kanserojen) kategorize edilmiştir. Bununla birlikte mevcut literatürde insanlarda furanların kanserojenitesine yönelik bir araştırma yapılmadığı ve bu nedenle verilerin sınırlı olduğu bildirilmiştir (Kobets ve ark., 2022).

Kızartma işlemi ile oluşan temel ısıl proses kirleticileri ve sağlık etkileri Şekil 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Isıl Proses Kirleticileri ve Olumsuz Sağlık Sonuçları (González-Becerra ve ark., 2019; Liu ve ark., 2019; Bushnik ve ark., 2020; Ren ve ark., 2021; Wang ve ark., 2022)
3-MCPD & GE: 3-kloropropan-1,2-diol ve glisidil esterleri.

Sonuç ve Öneriler

Kızartılmış besinler, birçok organoleptik ve duyuşsal özellikleri sayesinde tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Kızartma işleminde kullanılan yağların MUFA içeriğinin yüksek olması, oksidasyon riskini azaltmakta ve yağın stabilitesini artırmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte farklı yağların kombine edilmesiyle daha sağlıklı ve besleyici yağlar elde edilebilmektedir. Ancak kızartmada tercih edilecek yağlarda kalite parametreleri, ulaşılabilirliği ve maliyeti dışında aranacak bir diğer önemli parametrenin toplumda kabul edilebilirliği ve sürdürülebilir niteliğe sahip olması gerektiği düşünülmektedir. Örneğin susam yağı İran'da oldukça sık tüketilen ve üretilen bir yağ türü olup Türk toplumu için lezzet, erişilebilirlik ve maliyet açısından uygun olmayabilir.

Kızartma sürecinde yağların ve besinlerin kalitesini olumsuz yönde etkileyen kimyasal reaksiyonlar, ısıl proses kirleticilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Temel ısıl proses kirleticileri akrilamid, 3-MCPD, GE, PAH'lar, trans yağ asitleri ve furanlardır. Yapılan araştırmalar sonucunda bu bileşenlerin, düşük doğum ağırlığı, kardiyovasküler hastalıklar, kardiyometabolik risk faktörleri, kanser türleri, osteoporoz, obezite, diyabet gibi birçok sağlık problemi ile ilişkisi olabileceği bildirilmektedir.

Günümüzde kızartma yönteminde besinlerin daha az yağ çekmesi amacıyla geliştirilen air-frying gibi kızartma teknolojileri, aynı zamanda ısıl proses kirleticilerinin oluşumunu da azaltmaktadır. Bu nedenle, geleneksel kızartma yöntemleri yerine yeni teknolojilerin kullanılması sağlık açısından daha faydalı olabilir. Ancak literatürde bu teknolojilerin sağlık etkileri üzerindeki etkileri ile ilgili yeterli kanıt bulunmamaktadır.

Mevcut bilgiler ışığında; kızartma sürecinde kullanılan besinlerin bileşimine, yağın türüne, kızartma yöntemine, sıcaklığına, süresine, uygulanan ön işlemlere ve yağın kullanım sayısına dikkat edilmesinin besin güvenliği açısından önemli olacağı ve bu faktörlere dikkat edilerek olumsuz sağlık sonuçlarının en aza indirgenebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, kızartma sürecinde oluşan ısıl proses kirleticilerinin insan sağlığı üzerindeki etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılması için daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

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

Kaynakça

- Abdulwaliyu, I., Okoduwa, S. I. R., Sangodare, R., Arekemase, S. O., Batari, M. L. and Muhammad, A. 2022. Review of studies on palm-oil consumption in relation to risk of cardiovascular diseases. *Journal of Nutrition and Food Security*, 8(1):137–151.
- Aladedunye, F. 2016. Toxic contaminants of thermo-oxidatively processed edible oils/fats. *Lipid Technology*, 28(7):117–121.
- Alasalvar, C., Amaral, J. S. and Shahidi, F. 2006. Functional lipid characteristics of Turkish tumbul hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26):10177–10183.
- Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J.-P., Dogliotti, E., di Domenico, A., Luisa Fernández-Cruz, M., Fink-Gremmels, J., Fürst, P., Galli, C., Grandjean, P., Gzyl, J., Heinemeyer, G., Johansson, N., Mutti, A., Schlatter, J., van Leeuwen, R., van Peteghem, C. and Verger, P. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food -scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA Journal*, 6(8):724.
- Ali, M. A., Islam, M. A., Othman, N. H., Noor, A. M. and Ibrahim, M. 2020. Effect of rice bran oil addition on the oxidative degradation and fatty acid composition of soybean oil during heating [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(4):427–438.
- Ambra, R., Lucchetti, S. and Pastore, G. 2022. A Review of the effects of olive oil-cooking on phenolic compounds. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(3):661.
- Andreu-Sevilla, A. J., Hartmann, A., Burló, F., Poquet, N. and Carbonell-Barrachina, A. A. 2009. Health benefits of using red palm oil in deep-frying potatoes: low acrolein emissions and high intake of carotenoids. *Food Science And Technology International*, 15(1):15–22.
- Asokapandian, S., Swamy, G.J. and Hajjul, H. 2020. Deep fat frying of foods: A critical review on process and product parameters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20):3400-3413.

- Baltacıoğlu, C. 2016. Farklı kızartma yöntemlerinin bitkisel yağların oksidatif stabilitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 41(6):387-394.
- Barrera-Arellano, D., Badan-Ribeiro, A. P. and Serna-Saldivar, S. O. 2018. *Corn oil: Composition, processing, and utilization*. In *Corn: Chemistry and Technology*, 3rd Edition, Elsevier, pp: 593–613.
- Bhat, S., Maganja, D., Huang, L., Wu, J.H.Y. and Marklund, M. 2022. Influence of heating during cooking on trans fatty acid content of edible oils: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 14(7):1489.
- Boateng, L., Ansong, R., Owusu, W. B. and Steiner-Asiedu, M. 2016. Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review. *In Ghana Medical Journal*, 50(3):189–196.
- Boukandoul, S., Santos, C. S., Casal, S. and Zaidi, F. 2019. Oxidation delay of sunflower oil under frying by moringa oil addition: more than just a blend. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(12):5483-5490.
- Bushnik, T., Wong, S. L., Holloway, A. C. and Thomson, E. M. 2020. Association of urinary polycyclic aromatic hydrocarbons and obesity in children aged 3-18: Canadian Health Measures Survey 2009-2015. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 11(6):623–631.
- Cakmak Arslan, G. 2022. Monitoring of hazelnut oil quality during thermal processing in comparison with extra virgin olive oil by using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics. *Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 266(2022):120461.
- Chen, J., Zhao, Y., Wu, R., Yin, T., You, J., Hu, B. and Zhao, S. 2023. Changes in the quality of high-oleic sunflower oil during the frying of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Foods*, 12(6):1332.
- Chiang, K. M., Xiu, L., Peng, C. Y., Lung, S. C. C., Chen, Y. C. and Pan, W. H. 2022. Particulate matters, aldehydes, and polycyclic aromatic hydrocarbons produced from deep-frying emissions: comparisons of three cooking oils with distinct fatty acid profiles. *Science of Food*, 6(1):28.
- Depren, E., Seven, Ü. and Güçer, Ş. 2008. Isıl işlem sırasında zeytinyağında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler. I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi 17-18 Mayıs 2008, Edremit, Balıkesir, Türkiye. 146 s.
- Dong, H., Gill, S., Curran, I. H., Williams, A., Kuo, B., Wade, M. G. and Yauk, C. L. 2016. Toxicogenomic assessment of liver responses following subchronic exposure to furan in Fischer F344 rats. *Archives of Toxicology*, 90(6):1351–1367.
- Elmas, A. ve Bayizit, A. A. 2021. Palm yağında 3-MCPD ve glisidol esterleri oluşumuna proses şartlarının etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 35(2):333-354.
- Fang, M., Huang, G. J. and Sung, W. C. 2021. Mass transfer and texture characteristics of fish skin during deep-fat frying, electrostatic frying, air frying and vacuum frying. *LWT*, 137:110494.
- Gertz, C. 2014. Fundamentals of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6):669–674.
- Goh, K. M., Wong, Y. H., Tan, C. P. and Nyam, K. L. 2021. A summary of 2-, 3-MCPD esters and glycidyl ester occurrence during frying and baking processes. *Current Research in Food Science*, 4:460–469.

- González-Becerra, K., Ramos-Lopez, O., Barrón-Cabrera, E., Riezu-Boj, J. I., Milagro, F. I., Martínez-López, E. and Martínez, J. A. 2019. Fatty acids, epigenetic mechanisms and chronic diseases: A systematic review. *Lipids in Health and Disease*, 18(1):1-18.
- Göncüoğlu, N. and Gökmen, V. 2013. Accumulation of 5-hydroxymethylfurfural in oil during frying of model dough. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(3):413–417.
- Haddarah, A., Naim, E., Dankar, I., Sepulcre, F., Pujolà, M. and Chkeir, M. 2021. The effect of borage, ginger and fennel extracts on acrylamide formation in French fries in deep and electric air frying. *Food Chemistry*, 350:129060–129060.
- Hao, X., Li, J. and Yao, Z. 2016. Changes in PAHs levels in edible oils during deep-frying process. *Food Control*, 66:233–240.
- Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S. and Savage, G. P. 2016. Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 57:52–58.
- He, Q.-K., Li, Y.-P., Xu, Z.-R., Wei, W.-B., Qiao, F.-X., Sun, M.-X., Liu, Y.-C., Chen, Y.-Z., Wang, H.-L., Qi, Z.-Q. and Liu, Y. 2023. 3-MCPD exposure enhances ovarian fibrosis and reduces oocyte quality in mice. *Environmental Pollution*, 316:120662.
- He, X., Li, B., Yu, X., Zhuang, Y., Li, C., Dong, L., Zhang, Y. and Wang, S. 2022. Inhibiting effects of ginger and rosemary on the formation of heterocyclic amines, polycyclic aromatic hydrocarbons, and trans fatty acids in fried pork balls. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(23):3767.
- Hogervorst, J. G. F., van den Brandt, P. A., Godschalk, R. W. L., van Schooten, F.-J. and Schouten, L. J. 2016. The influence of single nucleotide polymorphisms on the association between dietary acrylamide intake and endometrial cancer risk. *Scientific Reports*, 6(1):34902.
- Hogervorst, J. G., van den Brandt, P. A., Godschalk, R. W., van Schooten, F. J. and Schouten, L. J. 2017. Interactions between dietary acrylamide intake and genes for ovarian cancer risk. *European Journal of Epidemiology*, 32:431-441.
- Hogervorst, J., Virgolino, A., Halldorsson, T. I., Vinceti, M., Åkesson, A., Leander, K., Nawrot, T., Filippini, T. and Laguzzi, F. 2022. Maternal acrylamide exposure during pregnancy and fetal growth: A systematic review and dose-response meta-analysis of epidemiological studies. *Environmental Research*, 213:113705.
- Hosseini, H., Ghorbani, M., Meshginfar, N. and Mahoonak, A. S. 2016. A Review on frying: procedure, fat, deterioration progress and health hazards. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(4):445–466.
- Islam, M. A., Amin, M. N., Siddiqui, S. A., Hossain, M. P., Sultana, F. and Kabir, M. R. 2019. Trans fatty acids and lipid profile: A serious risk factor to cardiovascular disease, cancer and diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome*, 13(2):1643–1647.
- Ismail, S. R., Maarof, S. K., Ali, S. S. and Ali, A. 2018. Systematic review of palm oil consumption and the risk of cardiovascular disease. *PLoS One*, 13(2):e0193533.

- Kasapoğlu, E. D. ve Sağlam, A. 2021. Kızartma işleminin kullanılan yağda serbest yağ asitliği ve oksidasyon derecesi üzerine etkileri. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 16(61):1-17.
- Khakbaz Heshmati, M., Jafarzadeh-Moghaddam, M., Pezeshki, A. and Shaddel, R. 2022. The oxidative and thermal stability of optimal synergistic mixture of sesame and grapeseed oils as affected by frying process. *Food Science & Nutrition*, 10(4):1103–1112.
- Kito, K., Ishihara, J., Kotemori, A., Zha, L., Liu, R., Sawada, N., Iwasaki, M., Sobue, T. and Tsugane, S. 2020. Dietary acrylamide intake and the risk of pancreatic cancer: The Japan public health center-based prospective study. *Nutrients*, 12(11):3584.
- Knutsen, H. K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., Ceccatelli, S., Cottrill, B., Dinovi, M., Edler, L., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L., Nebbia, C. S., Oswald, I. P., Petersen, A., Rose, M., Roudot, A. C., Schwerdtle, T., Vleminckx, C. and Wallace, H. 2017. Risks for public health related to the presence of furan and methylfurans in food. *EFSA Journal*, 15(10): e04718.
- Kobets, T., Smith, B. P. C. and Williams, G. M. 2022. Food-borne chemical carcinogens and the evidence for human cancer risk. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(18):2828.
- Kotemori, A., Ishihara, J., Ling Zha, Liu, R., Sawada, N., Iwasaki, M., Sobue, T. and Shoichiro Tsugane, JPHC Study Group, 2018. Dietary acrylamide intake and the risk of endometrial or ovarian cancers in Japanese women. *Cancer Science*, 109(10):3316-3325.
- Lee, J. S., Han, J. W., Jung, M., Lee, K. W. and Chung, M. S. 2020. Effects of thawing and frying methods on the formation of acrylamide and polycyclic aromatic hydrocarbons in chicken meat. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(5):573.
- Liu, P. W., Li, C. I., Huang, K. C., Liu, C. S., Chen, H. L., Lee, C. C., Chiou, Y. Y. and Chen, R. J. 2021. 3-MCPD and glycidol coexposure induces systemic toxicity and synergistic nephrotoxicity via NLRP3 inflammasome activation, necroptosis, and autophagic cell death. *Journal of Hazardous Materials*, 405: 124241.
- Liu, Q., Wu, P., Zhou, P. and Luo, P. 2023. Levels and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils and frying oils by using the margin of exposure (moe) and the Incremental Lifetime Cancer Risk (ILCR) approach in China. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(4):811.
- Liu, R., Sobue, T., Kitamura, T., Kitamura, Y., Ishihara, J., Kotemori, A., Zha, L., Ikeda, S., Sawada, N., Iwasaki, M. and Tsugane, S. 2019. Dietary Acrylamide Intake and Risk of Esophageal, Gastric, and Colorectal Cancer: The Japan Public Health Center-Based Prospective Study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention : A Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 28(9):1461–1468.
- Liu, Z. M., Tse, L. A., Chen, B., Wu, S., Chan, D., Kowk, T., Woo, J., Xiang, Y. T. and Wong, S. Y. S. 2017. Dietary acrylamide exposure was associated with mild cognition decline among non-smoking Chinese elderly men. *Scientific Reports*, 7(1):1–7.

- Matta, M., Huybrechts, I., Biessy, C., Casagrande, C., Yammine, S., Fournier, A., Olsen, K. S., Lukic, M., Gram, I. T., Ardanaz, E., Sánchez, M. J., Dossus, L., Fortner, R. T., Srour, B., Jannasch, F., Schulze, M. B., Amiano, P., Agudo, A., Colorado-Yohar, S. and Murphy, N. 2021. Dietary intake of trans fatty acids and breast cancer risk in 9 European countries. *BMC Medicine*, 19(1):1–11.
- Mazidi, M., Katsiki, N., Mikhailidis, D. P. and Banach, M. 2018. Link between plasma trans-fatty acid and fatty liver is moderated by adiposity. *International Journal of Cardiology*, 272:316–322.
- Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Uzoejinwa, B. B., Onwude, D. I. and Yang, X. 2018. Application of pretreatment methods on agricultural products prior to frying: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(2):456–466.
- Pelucchi, C., Bosetti, C., Galeone, C. and la Vecchia, C. 2015. Dietary acrylamide and cancer risk: an updated meta-analysis. *International Journal of Cancer*, 136(12):2912–2922.
- Peng, C. Y., Lan, C. H., Lin, P. C. And Kuo, Y. C. 2017. Effects of cooking method, cooking oil, and food type on aldehyde emissions in cooking oil fumes. *Journal of Hazardous Materials*, 324:160-167.
- Ramroudi, F., Yasini Ardakani, S. A., Dehghani-Tafti, A. and Khalili Sadrabad, E. 2022. Investigation of the physicochemical properties of vegetable oils blended with sesame oil and their oxidative stability during frying. *International Journal of Food Science*, 2022:1-8.
- Ren, X., Vilhjálmsdóttir, B. L., Rohde, J. F., Walker, K. C., Runstedt, S. E., Lauritzen, L., Heitmann, B. L. and Specht, I. O. 2021. Systematic Literature Review and Meta-Analysis of the Relationship Between Polyunsaturated and Trans Fatty Acids During Pregnancy and Offspring Weight Development. *Frontiers in Nutrition*, 8:625596.
- Resmi Gazete 2023 Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120512-5.htm> (Erişim Tarihi: 01.01.2023).
- Sansano, M., Juan-Borrás, M., Escriche, I., Andrés, A. and Heredia, A. 2015. Effect of pretreatments and air-frying, a novel technology, on acrylamide generation in fried potatoes. *Journal of Food Science*, 80(5):1120–1128.
- Sayon-Orea, C., Carlos, S. and Martínez-Gonzalez, M. A. 2015. Does cooking with vegetable oils increase the risk of chronic diseases?: A systematic review. *The British Journal of Nutrition*, 113(2):36–48.
- Schultrich, K., Henderson, C. J., Braeuning, A. and Buhrke, T. 2020. Correlation between 3-MCPD-induced organ toxicity and oxidative stress response in male mice. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 136:110957.
- Senyildiz, M., Alpertunga, B. and Ozden, S. 2017. DNA methylation analysis in rat kidney epithelial cells exposed to 3-MCPD and glycidol. *Drug and Chemical Toxicology*, 40(4):432–439.
- Seok, Y. J., Her, J. Y., Kim, Y. G., Kim, M. Y., Jeong, S. Y., Kim, M. K., Lee, J. Y., Kim, C. il, Yoon, H. J. and Lee, K. G. 2015. Furan in thermally processed foods: A review. *Toxicological Research*, 31(3):241–253.

- Sevim, Ç., Özkaraca, M., Kara, M., Ulaş, N., Mendil, A. S., Margina, D. and Tsatsakis, A. 2021. Apoptosis is induced by sub-acute exposure to 3-MCPD and glycidol on Wistar Albino rat brain cells. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 87:103735.
- Shen, X., Huang, X., Tang, X., Zhan, J. and Liu, S. 2022. The effects of different natural plant extracts on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in roast duck. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(14):2104.
- Szabo, Z., Marosvölgyi, T., Szabo, E., Koczka, V., Verzar, Z., Figler, M. and Decsi, T. 2022. Effects of repeated heating on fatty acid composition of plant-based cooking oils. *Foods*, 11(2):192.
- Veronese, N., Bolzetta, F., Cacco, C., Cester, A., Smith, L., Demurtas, J., Cooper, C., Rizzoli, R., Caruso, M. G., Notarnicola, M., Reginster, J. Y., Maggi, S., Barbagallo, M., Trott, M. and Dominguez, L. J. 2022. Dietary acrylamide and incident osteoporotic fractures: an 8-year prospective cohort study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 34(10):2441–2448.
- Voon, P. T., Lee, S. T., Ng, T. K. W., Ng, Y. T., Yong, X. S., Lee, V. K. M. and Ong, A. S. H. 2019. Intake of Palm Olein and Lipid Status in Healthy Adults: A Meta-Analysis. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 10(4):647–659.
- Wang, B., Wang, X., Yu, L., Liu, W., Song, J., Fan, L., Zhou, M., Yang, M., Ma, J., Cheng, M., Qiu, W., Liang, R., Wang, D., Guo, Y. and Chen, W. 2022. Acrylamide exposure increases cardiovascular risk of general adult population probably by inducing oxidative stress, inflammation, and TGF-β1: A prospective cohort study. *Environment International*, 164:107261.
- Wang, F., Zhao, D., Yang, Y. and Lishi, Z. 2019. Effect of palm oil consumption on plasma lipid concentrations related to cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 28(3):495–506.
- Xin, L., Hu, M., Ma, X., Wu, S., Yoong, J. H., Chen, S., Tarmizi, A. H. A. and Zhang, G. 2022. Selection of 12 vegetable oils influences the prevalence of polycyclic aromatic hydrocarbons, fatty acids, tocol homologs and total polar components during deep frying. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114:104840.
- Yang, K. M., Cheng, M. C., Ye, Z. S., Chu, L. P. and Chen, H. C. 2022. Chemical Properties of Peanut Oil from *Arachis hypogaea* L. “Tainan 14” and Its Oxidized Volatile Formation. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(20):6811.
- Zainal, Z., Khaza'ai, H., Kutty Radhakrishnan, A. and Chang, S. K. 2022. Therapeutic potential of palm oil vitamin E-derived tocotrienols in inflammation and chronic diseases: Evidence from preclinical and clinical studies. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 156: 111175.
- Zhou, M., Shi, G., Deng, Y., Wang, C., Qiao, Y., Xiong, G., Wang, L., Wu, W., Shi, L. and Ding, A. 2022. Study on the physicochemical and flavor characteristics of air frying and deep frying shrimp (crayfish) meat. *Frontiers in Nutrition*, 9:1022590.
- Zhu, Y., Bo, Y. and Liu, Y. 2019. Dietary total fat, fatty acids intake, and risk of cardiovascular disease: a dose-response meta-analysis of cohort studies. *Lipids in Health and Disease*, 18(1):1-14.

Zulkipli, S. H., Balasubramaniam, V., Bakar, N. A. A., Rashed, A. A. and Ismail, S. R. 2019. Effects of palm oil consumption on biomarkers of glucose metabolism: A systematic review. *PloS One*, 14(8):e0220877.



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>

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 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.

Yayın Politikası

Dergiye Türkçe ve İngilizce araştırma makaleleri ve sınırlı sayıda 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 Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.**” kısaltması kullanılmalıdır.

Değerlendirme Süreci

Yayımlanması için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda önce sekreteryaya daha sonrasında 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 yazarına 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 yayınlanacak 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. Sisteme yüklenecek raporun tüm sorumluluğu yazarına aittir. Yapılacak kontrollerde raporlarda uyumsuzluk görülmesi ve kriterlere uymaması durumunda makale yazarına iade edilecektir.

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 yayım 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 yayım etiği yönergesi dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Hakemli dergide yayım ilkeleri ile ilgili tüm taraflardan (yazar, dergi editörü, hakem ve yayımcı 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, metodlarını, 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 yayımlanan 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 zfdergisi@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 yürütülen 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 beyanı, varsa Destek ve Teşekkür Beyanı, Çatışma Beyanı 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 Word formatı**

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⁻¹, 5 kg N ha⁻¹ 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 Brasilica*, 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 Uludağ 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 Uludağ University, formerly known as Journal of Agricultural Faculty of Uludağ 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

Turkish and English research articles and a limited number of review articles are accepted to the journal. 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 Uludağ 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 Uludağ 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. All responsibility of the report to be uploaded to the system belongs to the author. In case of inconsistency in the reports and in case of non-compliance with the criteria, the article will be returned to the author.

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 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 word doc format.**

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 "Atif / 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⁻¹" 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. *9th 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).

