



**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 37
Volume**

**Sayı 1
Number**

2023

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: 37

Sayı / Number: 1

Yıl/Year: 2023

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

Doç.Dr. Oya KAÇAR

Doç.Dr. Asuman CANSEV

Doç. Dr. Ekin SUCU

Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY

Doç. Dr. Elvan ENDER ALTAY

Doç.Dr. Onur TAŞKIN

Dr. Öğr. Üyesi Kadir İLHAN

Sekreteryası/Secretary

Dr.Öğr.Üyesi Aslıhan YILMAZ

İletişim/Contact

Tel: 0224 294 14 07

Fax: 0 224 294 14 02

e-posta: zfdergisi@uludag.edu.tr

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

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

Kapak Sayfa Tasarım / Cover Page Design

Bursa Uludağ Üniversitesi Basımevi
Bursa - 2023



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: 37

Sayı /Number: 1

Yıl/Year: 2023

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

Doç. Dr. Oya KAÇAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Asuman CANSEV

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Ekin SUCU

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, page layout editor

Doç. Dr. Onur TAŞKIN

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: 37

Sayı /Number: 1

Yıl/Year: 2023

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: 37

Sayı /Number: 1

Yıl/Year: 2023

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 AYÇİÇEK, 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. Erdiç 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 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: 37

Sayı / Number: 2

Yıl/Year: 2023

BU SAYIDA HAKEMLİK YAPAN ÖĞRETİM ÜYELERİ

(Scientific Advisory Board)

(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)

Ali KOÇ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Alper SAĞLIK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Arzu KÖSE	Geçit Kuşluğu Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Ayşe Neslihan DÜNDAR	Bursa Teknik Üniversitesi
Belgin ÇAKMAK	Ankara Üniversitesi
Betül AVCI	Ege Üniversitesi
Burcu KAYA	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Cevdet GÜMÜŞ	Bartın Üniversitesi
Elif YAVUZASLANOĞLU	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Emine AYDIN	Düzce Üniversitesi
Emre EVLİCE	Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Ertan ATEŞ	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Esra AYDOĞAN ÇİFCİ	Bursa Uludağ Üniversitesi
Fadul ÖNEMLİ	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Gassan KÖKLÜ	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Gülsüm ÖKSÜZTEPE	Fırat Üniversitesi
Halil SAMET	Kocaeli Üniversitesi
İhsan Serkan VAROL	Erciyes Üniversitesi
İsmet BAŞER	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Lütfiye YILMAZ ERSAN	Bursa Uludağ Üniversitesi
Müge KESİCİ	Bahçeşehir Üniversitesi
Nilgün BUDAK	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Onur GÜNEŞER	Uşak Üniversitesi
Oya Irmak ŞAHİN	Yalova Üniversitesi
Özge ÖZCAN	Kırklareli Üniversitesi
Serkan ÖNDER	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Sevin TEOMAN DURAN	Bursa Uludağ Üniversitesi
Şerife Doğanay YENER	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Tülay ÖZCAN	Bursa Uludağ Üniversitesi
Yakup ÇIKILI	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Zehra AYTAÇ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Zühal OKCU	Atatürk Üniversitesi



İçindekiler / Contents

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

- İki ve Altı Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon ve Hordeum vulgare conv. hexastichon*) Çeşitlerinde Kolçisin Uygulamasının Meydana Getirdiği Varyasyonlar**
Variations of Colchicine Application in Two and Six Row Barley (*Hordeum vulgare conv. distichon and Hordeum vulgare conv. hexastichon*) Varieties
İlknur AKGÜN, Ruziye KARAMAN, Cengiz TÜRKAY1
- Çukurova Koşullarında Lavandin (*Lavandula X intermedia Emeric ex Losiel.*) Ekotip ve Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi**
Determination of production and quality characteristics of some (*lavandula x intermedia emeric ex losiel.*) ecotype and varieties under Çukurova conditions
Perihan Ceren ÖZER, Elif FERAHOĞLU, Saliha KIRICI17
- Çavdarın Yem Bitkisi Olarak Arpa ve Tritikale İle Karşılaştırılması; Ot Verimi ve Kalitesinin Biçim Dönemine Bağlı Değişimi**
Comparison of Rye with Barley and Triticale as Forage Crop; Variation of HayYield and Quality Depending on Harvest stage
Bekir BULUT, Uğur BAŞARAN35
- Aspir (*Carthamus tinctorius L.*) Çeşitlerine Uygulanan Farklı Gama Işını Dozlarının In Vitro Adventif Sürgün Rejenerasyonu Üzerine Etkileri**
Effects of Different Gamma Ray Doses on In Vitro Adventitious Shoot Regeneration of Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) Cultivars
Hümeyra YAMAN, Nilgün BAYRAKTAR51
- Determination of Antimicrobial Properties of Endemic Black Sakı Apple Vinegar Produced by Traditional Method Using Different Yeast Raw Materials**
Farklı Maya Hammaddeleri Kullanılarak Geleneksel Yöntemle Üretilen Endemik Kara Sakı Elma Sirkelerinin Antimikrobiyal Özelliklerinin Tespiti
Filiz YANGILAR, Barış GÜLHAN, Hasan KILIÇGÜN.....79
- Tere (*Lepidium sativum L.*) Tohumlarının Farklı Kurşun Konsantrasyonu Stresi ve Vermikompost Uygulamalarında Çimlenme ve Bazı Erken Gelişim Parametrelerinin Belirlenmesi**
Determination of Germination and Some Early Growth Parameters of Cress (*Lepidium sativum L.*) Seeds under Different Lead Concentration Stress and Vermicompost Applications
Sultan DERE, Hayriye Yıldız DAŞGAN.....101

Bursa İli Mudanya İlçesi Aktif Yeşil Alanları Üzerine Bir Araştırma A Research on the Active Green Areas of Mudanya District of Bursa Province Burcu MÜDÜK, Murat ZENCİRKIRAN	129
Hakkari İlinde Mısır Cücelik Mozaik Virüsü ve Mısır Mozaik Virüsü'nün Belirlenmesi Determination of Maize Mosaic Virus and Maize Dwarf Mosaic Virus in Hakkari Province Nevin AKDURA, Handan ÇULAL KILIÇ	145
DERLEMELER (Reviews)	
Tuzak Bitkilerin Kök-ur Nematodları ile Mücadelede Kullanım Potansiyelleri The Potentials of Trap Crops for the Control of Root-Knot Nematodes Gökhan AYDINLI, Esra ÇALTEPE, Sevilhan MENNAN	155
Tarımsal Sulamada Bireysel Olarak Uygulanan Teşvik ve Desteklerin Değerlendirilmesi Evaluation of Incentives and Supports Applied Individually in Agricultural Irrigation Umut SUZAN, Hatice GÜRGÜLÜ, Mehmet Ali UL	183
Alternaria Mikotoksinleri ve Önemi Alternaria Mycotoxins and Importance Berna TUNALI, Yeter KÜÇÜKTOPÇU, Nazlı TUNALI, Songül ERKEN MERAL, Seçil EKER, Bayram KANSU	195
Süt Ürünlerinin Zenginleştirilmesinde Kullanılan Baharatların Fonksiyonel Etkileri Functional Effects of Spices Used in Fortification of Dairy Products Nihal KANAT, Lütfiye YILMAZ-ERSAN, Tülay ÖZCAN	221
Ekstrüzyon Teknolojisi ve Buğday Öğütme Yan Ürünlerinin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı Extrusion Technology and Utilization of Wheat Milling By-Products in Extruded Foods Nazlı ŞAHİN, Abdulvahit SAYASLAN	241
Bitki İyonoms: İyonların Biyolojik Dili Plant Ionomics: Biological Language of Ions Berna BAŞ	263
Tarımda Sürdürülebilirlik ve Gıda Güvenliği Sustainability In Agriculture And Food Safety Çağla KAYIŞOĞLU, Seçil TÜRKSOY	289



İki ve Altı Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon* ve *Hordeum vulgare conv. hexastichon*) Çeşitlerinde Kolçisin Uygulamasının Meydana Getirdiği Varyasyonlar^A

İlknur AKGÜN¹, Ruziye KARAMAN^{2*}, Cengiz TÜRKAY³

Öz: Bu çalışmada çimlenmeye başlayan iki sıralı (*Hordeum vulgare conv. distichon*) (Ünver) ve altı sıralı (*Hordeum vulgare conv. hexastichon*) (Altıkat) arpa çeşitlerinin tohumlarına % 0.1'lik kolçisin solüsyonu farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) uygulanmıştır. Kolçisin uygulaması ile genetik yapıda meydana gelen değişimlerin bazı tarımsal özelliklere etkisi incelenmiştir. Çalışma tarla ve laboratuvar koşulları olmak üzere iki aşamalı yürütülmüştür. Kolçisin uygulama süresi uzadıkça hem laboratuvar hem de tarla koşullarında çimlenme oranı önemli seviyede azalmıştır. Ancak tarla koşullarında her iki çeşitte de çıkış oranındaki azalma daha fazla olmuştur. Kolçisin uygulamasından sonra yaşayan bitkilerde (Co) bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başak sıklığı, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı yönünden varyasyon belirlenmiştir. İncelenen özellikler yönünden kontrol bitkileri önemli seviyede geçen bitkiler tespit edilmiştir. Bu bitkilerin seçilerek ileri generasyonlara aktarılması, farklı amaçlar için yeni çeşitlerin elde edilmesine imkân sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, kolçisin, çimlenme oranı, başak özellikleri.

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Ruziye KARAMAN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, ruziyekaraman@isparta.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5088-8253](https://orcid.org/0000-0001-5088-8253)

¹ İlknur AKGÜN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, ilknurakgun@isparta.edu.tr, [OrcID 0000-0002-7476-7226](https://orcid.org/0000-0002-7476-7226)

³ Cengiz TÜRKAY, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, cengiz3370turkay@gmail.com, [OrcID 0000-0003-3857-0140](https://orcid.org/0000-0003-3857-0140)

Atf/Citation: Akgün, İ., Karaman, R., Türkay, C.. 2023. İki ve Altı Sıralı Arpa Çeşitlerinde Kolçisin Uygulamasının Meydana Getirdiği Varyasyonlar. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 1-15.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1107397>

Variations of Colchicine Application in Two and Six Row Barley

(*Hordeum vulgare conv. distichon* and *Hordeum vulgare conv. hexastichon*) Varieties

Abstract: In this study, 0.1% colchicine solution at different times (4, 8 and 12 hours) was applied to the seeds of two-row (*Hordeum vulgare conv. distichon*) (Ünver) and six-row (*Hordeum vulgare conv. hexastichon*) (Altıkat) barley varieties that started to germinate. The effects of changes in genetic structure with colchicine application on some agricultural characteristics were investigated. The study was carried out in two processes as field and laboratory conditions. As colchicine application time increased, germination rate decreased significantly in both laboratory and field conditions. However, the reduction in emergence rate was greater in both cultivars under field conditions. Variation in plant height, spike length, number of spikelets per spike, spike density, number of grains per spike and grain weight were determined in living plants (Co) after colchicine application. In terms of the examined characteristics, plants that exceeded the control plants at a significant level were determined. Selecting and transferring these plants to the next generations may provide the opportunity to obtain new varieties for different purposes.

Keywords: Barley, colchicine, germination rate, spike characteristics.

Giriş

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), gerek dünyada gerekse ülkemizde en fazla yetiştirilen serin iklim tahıllarından birisi olup, Dünya’da ekim alanı yaklaşık 51.15 milyon hektar, üretim 159 milyon ton, ortalama verim 310.8 kg da⁻¹’dır (FAO, 2019). Türkiye’de 2020 yılı verilerine göre, ekim alanı 3.1 milyon ha, üretimi 8.3 milyon ton, dekara ortalama verim ise 268 kg ile dünya ortalamasının altındadır (TÜİK, 2020). Arpa tanesi, büyük çoğunlukla hayvan yemi, malt ve bira endüstrisinin hammaddesi, sapları ise saman ve yataklık olarak hayvan besleme ve yetiştirilmesinde kullanılmaktadır. Son yıllarda tanesinde β -glukan ve sindirilebilir lif oranının yüksek olması nedeniyle, insan beslenmesinde kullanımının arttığı ve bazı ülkelerde buğday ununa katılabildiği bildirilmiştir (Sipahi ve ark., 2010).

Ülkemizde üretilen arpanın büyük bir çoğunluğu hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de arpa ithalatı, üretime, yem sanayinin ham madde ihtiyacına ve kullanım miktarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ülkemizin arpa ithalat miktarı, 2017 yılında 208 bin ton iken 2018 yılında 863 bin tona yükselmiştir (Anonim, 2019). Bu veriler arpaya olan talebin gün geçtikçe arttığını göstermektedir. Özellikle hayvan yemi teminindeki yetersizlikler ve kaliteli ürüne olan ihtiyaç, arpa tarımının önemini daha da artırmaktadır. Bitkisel üretimde yıllara göre verimde görülen varyasyonun nedenleri arasında, stres koşullarında verim istikrarını koruyabilen çeşitlerin azlığı ve yetersiz kültürel uygulamalar şeklinde sıralanabilir. Ülkemizde agroekolojik bölgelerin varlığı, kuraklık, yatma problemi, diğer biyotik ve abiyotik stres faktörleri arpa üzerinde

ıslah çalışmalarının devam etmesini zorunlu kılmaktadır. Arpa üretim miktarının artırılması bu sorunlara çözüm olabilen yeni çeşitlerin elde edilmesi ile mümkün olabilecektir.

Bitki ıslahında kullanılan yöntemlerden birisi de mutasyon ıslahıdır. Genomun katlanması ile oluşturulan mutasyon, poliploidi ıslahı olarak tanımlanmakta ve doğada bulunan bitkilerin çoğu evölüsyon süreci içerisinde spontan olarak poliploid hale gelmişlerdir (Sağsöz ve ark., 2012). Poliploidler doğal ve sentetik olarak sınıflandırılır ve sentetik poliploidler uyarılmış genom katlanması sonucunda meydana gelmektedir. Özellikle kolçisin (Colchicine) gibi iğ iplikleri mekanizmasını bloke eden kimyasal mutagenler bulduktan sonra, yeni çeşit veya türlerin elde edilmesinde poliploidi çalışmaları hız kazanmış ve farklı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (Hague ve Jones, 1987; Hassan ve ark., 1989; Özer ve Sağsöz, 1991; Akgün, 2016). Uygulanacak kolçisin yoğunluğu ve süresi bitki türüne, bitkinin büyüme dönemine göre farklılık göstermektedir (Deniz, 1985; Akgün, 1997; Akgün, 2016). Poliploidi çalışmalarında kromozom sayısı az olan türler kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Sağsöz ve ark., 2012).

Poliploid bitkiler diploidlerine göre bazı üstün özellikler gösterdiklerinden, ıslahçılar poliploidi ıslahına büyük önem vermişlerdir. Autotetraploid bitki elde etme oranı bitki türüne, kolçisin yoğunluğuna, işlem süresine ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir (Özer ve Sağsöz, 1991; Akgün, 1997). Aynı türün değişik varyeteleri kullanıldığında farklılıklar meydana gelebileceği bildirilmiştir. Çayır yumağının değişik varyetelerine farklı sıcaklık derecelerinde %0.2'lik kolçisin uygulanmış, varyeteler arasında poliploid bitki sayısı ve fide ölüm oranları değişmiştir (Deniz, 1985). Yine akraba olan türler arasında ve hatta aynı türün populasyonları arasında ploidi farklılıklarının olabileceği bildirilmiştir (Lewis, 1980; Grant, 1981). *Vicia pannonica* (Macar fiği) ve *V. villosa* (tüylü fiğ) türlerinin tohumlarına %0.005'lik kolçisin uygulamasından sonra, iki türde de kontrole göre tohum çimlenmesi önemli seviyede azaldığı ve yaşayan fide oranı Macar fiğinde %14, tüylü fiğde ise %44 olarak belirlenmiştir. Autotetraploid bitki sayısı Macar fiğinde %1, tüylü fiğde ise %12 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmada köklerinde farklı ploidi seviyesine sahip kimerik bitkilerin belirlenmiştir (Elradi, 2009). Yine poliploidi çalışmalarında kromozom sayısı az olan türler kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Sağsöz ve ark., 2012). Bitkilerde poliploidiye bağlı olarak ortaya çıkan gen fazlalığı diploidlerine göre heterosis yaratmış olmakla birlikte, aneuploid hücre oluşumu, epigenetik değişimler, gen düzenlenmesinin bozulması, tohum tutma oranının azalması gibi olumsuzluklar da bildirilmiştir (Özer ve Sağsöz, 1991; Rao ve Hodgkin, 2002; Comai, 2005).

Bu araştırmada varyasyon oluşturabilmek için, iki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerine kolçisin uygulaması ile genom mutasyonu oluşturulması hedeflenmiş ve genetik yapıda meydana gelen değişimlerin bazı tarımsal özelliklere etkisi incelenmiştir. Arpa kromozom sayısı az olan ve mutasyon çalışmalarında kullanılan bir tür olduğundan, kolçisin uygulamasın yaratacağı mutasyonun sağlayacağı avantajlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada iki sıralı Ünver (2n=14) ve altı sıralı Altıkat (2n=14) arpa çeşitleri kullanılmıştır. Taze hazırlanmış %0.1'lik kolçisin (C₂₂H₂₅NO₆) solüsyonu farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) çimlenmeye başlayan tohumlara uygulanmıştır. Araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme tarlalarında ve Tahıllar ve Yemelik Baklagiller laboratuvarında olmak üzere iki farklı çalışma olarak yürütülmüştür.

Laboratuvar Çalışması

Arpa tohumları önce plastik kaplara konularak oda sıcaklığında 16 saat saf suda bekletilmiştir. Çimlendirilmeye alınan tohumlardan her uygulama için 150'er adet tohum alınmış ve içerisinde %0.1'lik kolçisin solüsyonu bulunan petri kaplarına konulmuş ve farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) 25°C'de etüvde tutulmuştur. Bu işlemden sonra önce bir kez tohumlar çeşme suyunda ardından 6 defa saf su ile olmak üzere 7 kez yıkanmıştır (Akgün, 1997). Laboratuvar koşullarında içerisinde 1:1 oranında torf: toprak karışımı bulunan kasalara her uygulamadan 3 sıra (her sıraya 50 adet tohum) olacak şekilde ekim yapılmıştır. Ekimden 6 ve 15 gün sonra tüm sıralarda çıkış yapan bitkiler de aşağıda belirtilen gözlemler alınmıştır. Laboratuvar şartlarında geliştirilen kolçisin uygulanmış fideler, tarla koşullarına şaşırtılmış ancak 15-20 gün içerisinde öldükleri belirlenmiştir.

Çimlenme oranı (%): Kasaya ekimi yapılan arpa tohumlarının 6. ve 15. günde çimlenen tohumlar sayılarak, çimlenme oranı % olarak hesaplanmıştır (ISTA, 1999).

Fide boyu (cm): 15. günde fide boyları ölçülerek belirlenmiştir.

Çimlenme oranındaki azalma (%): Araştırmada her uygulamada çimlenme oranında oluşan azalma Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır (Madidi ve ark., 2004; Dolgun ve Çifçi, 2018).

$$ÇOA: (1 - N_x / N_c) \times 100 \quad (1)$$

ÇOA: Çimlenme oranındaki azalma (%);

N_x: farklı süre uygulamalarındaki çimlenen tohum oranı (%);

N_c: Kontrol uygulamasındaki çimlenen % tohum oranı (%)

Tarla Çalışması

Tohumlar plastik kaplara konularak oda sıcaklığında 1 gün çimlendirilmeye alınmıştır (her uygulama için 1500 (toplam 6000 adet). Çimlenmeye başlayan tohumlardan her uygulama için 1500 (toplam 4500 adet) tohum petri kaplarına konularak kolçisin solüsyonu eklenmiş ve farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) 24°C'de etüvde tutulmuştur. Bu işlemden sonra tohumlar saf su ile yıkanmıştır. Uygulama süreleri bittiğinde tohumlar deneme alanına el ile ekimi yapılmıştır (Ekim ayının son haftası). Sıralar markör yardımı ile açılmış ve her uygulama her blokta 2 sıra olacak şekilde (boyu 2 m, sıra araları 20 cm) ekim yapılmıştır. Çeşitler ve uygulamalarda arasındaki mesafede 20

cm bırakılarak blok oluşturulmuştur. Bloklar arasında ise 1.5 m bırakılmıştır. Kolçisin uygulanmış ve kontrol grubundan her sıraya 250 tohum atılmış ve deneme 3 tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında faktöriyel düzenlemede kurulmuştur. Dekara toplam 10 kg azotlu ve 5 kg kg fosforlu (P_2O_5) gübre parsel alanına göre hesaplanarak uygulanmıştır. Azotlu gübrenin yarısını ekimle birlikte geri kalan kısmı ise, sapa kalkma döneminde üstten verilmiştir.

Bu araştırmada çıkış oranı (%), bitki boyu (cm), başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başak sıklığı, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı belirlenmiştir (Özer, 1989; Yürür ve ark., 1981; Karakoca ve Akgün, 2020). Değerlendirmeler her uygulamada yaşayan bitkilerin tamamında, kontrol grubunda ise her tekerrürde 20 adet ana sap üzerinden ($20 \times 3 = 60$ adet) yapılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Araştırmada laboratuvarda çalışmasından elde edilen veriler tesadüf parsellerinde deneme desenine, tarla çalışması ise tesadüf blokları deneme desenine göre TOTEMSTAT paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkları belirleyebilmek için LSD testi kullanılmıştır.

Bulgular

Laboratuvar Çalışması

Çimlenme Oranı

İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde 6. ve 15. günde yapılan sayımlarda tohum çimlenmesi üzerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulamasının etkisi ve çeşit x süre interaksyonu istatistiksel olarak önemli, 6. günde çeşidin etkisi önemsiz iken 15. günde çeşidin etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Araştırmada 6. ve 15. günlerde yapılan sayımlarda ortalama çimlenme oranı Çizelge 1'de verilmiştir. Her iki çeşitte de %0.1'lik kolçisin uygulamasına bağlı olarak çimlenme oranı azalmış, ancak uygulanan sürelerle çeşidin tepkisi farklı olmuştur. Nitekim, her iki çeşitte de 6. ve 15. günde en yüksek çimlenme oranı kontrolde (%93.67) belirlenmiş, Ünver çeşidinde ilk sayımda (6. gün) 4 (%41.67), 8 (%40.33) ve 12 (%36.67) saat kolçisin uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken, 15. günde kolçisin uygulama süreleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık meydana gelmiştir. Altıkat çeşidinde ise 6. günde tüm uygulamalar istatistiksel olarak farklı grupta yer alırken, 15. günde Ünver çeşidi ile benzerlik göstermiş 8 ve 12 saat kolçisine maruz kalan tohumlarda çimlenme oranı önemli seviyede azalmış ve aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 1). Kolçisinin 4 saatten fazla uygulanması her iki çeşitte de çimlenme oranını önemli seviyede azaltmıştır (Şekil 1a). İşleme tabi tutulan fidelerde toprak yüzeyine çıkışların geciktiği ve 3. günden itibaren çıkış yaptıkları görülmüştür. Kolçisin işleminden yeterince etkilenmeyen fideler kontroller ile aynı görünüşe sahip

olmuşlar ve hızlı bir büyüme göstermişlerdir. İşlemden etkilenmiş fideler yavaş büyüme göstermiş hatta bazıları da sayımlardan sonra ölmüştür.

Çizelge 1. İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde 6. ve 15. günde yapılan sayımlarda ortalama çimlenme oranı (%)

Uygulama süresi	6. Gün Çimlenme Oranı*			15. Gün Çimlenme Oranı*		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	93.67 a	93.67 a	93.67 A	95.33 a	97.0 a	96.17 A
4 Saat	41.67 b	59.00 b	50.33 B	51.67 b	68.0 b	59.83 B
8 Saat	40.33 b	36.67 c	38.50 C	44.67 c	44.0 c	44.33 C
12 Saat	36.67 b	25.00 d	30.83 D	41.67 c	42.0 c	41.83 C
Kolçisin. Uy. Ort.	39.56	40.22		46.00 B	51.33 A	
CV (%)	5.97			3.75		

*Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Fide Uzunluğu

İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde fide uzunluğu üzerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulamasının etkisi ve çeşit x süre etkisi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$), çeşidin etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Fide uzunluğu kolçisin uygulama süresine bağlı olarak azalmış (5.65-4.06 cm) ve en uzun fideler kontrol grubunda (6.43 cm) belirlenmiştir. Çeşitlerin kolçisin uygulama süresine tepkisi farklı olmuş ve fide boyu Ünver çeşidinde 5.89-3.93 cm, Altıkat çeşidinde ise 5.41-4.20 cm arasında değişmiştir. En kısa fide boyu her iki çeşitte de 12 saat uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde ortalama fide uzunluğu (cm)

Uygulama süresi	Fide Uzunluğu*		
	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	6.36 a	6.49 a	6.43 A
4 Saat	5.89 b	5.41 b	5.65 B
8 Saat	4.64 c	5.11 c	4.88 C
12 Saat	3.93 d	4.20 d	4.06 D
Kolçisin Uy. Ort.	5.21	5.30	
CV (%)	2.31		

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Tarla Çalışması

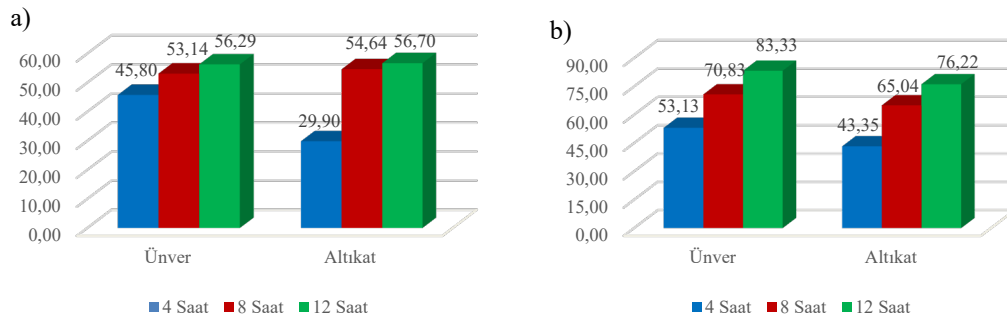
Çıkış Oranı

Farklı arpa çeşitlerinde 15. günde yapılan sayımlarda çıkış oranı üzerine %0.1'lik kolçisinin farklı sürelerde uygulamasının ve çeşidin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Laboratuvar koşullarına göre tarla koşullarında çimlenme oranı daha düşük bulunmuştur (Çizelge 1 ve 3). Özellikle kolçisin uygulanmış tohumların ortalama çıkış oranı Ünver çeşidinde %29.67 (lab. %46.0), Altıkat arpa çeşidinde ise %36.67 (lab. % 51.33) olarak belirlenmiştir. Tarla koşullarında kontrol grupta ortalama çıkış oranı %95.67 iken farklı sürelerde kolçisin uygulaması çıkış oranını önemli seviyede azaltmıştır (%49.50'den %19.34'e). Çeşitlerin kolçisin uygulamasına tepkisi farklı olduğundan çeşit x süre interaksyonu da istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.01$). Her iki çeşidin tohumlarına daha uzun süre kolçisin uygulandığında çıkış oranı önemli seviyede azalmıştır. Ancak, Ünver çeşidi kolçisin uygulamasından daha fazla olumsuz etkilenmiş ve çıkıştaki azalma oranı 12 saat uygulamasında %83.33 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3; Şekil 1b).

Çizelge 3. Farklı sürelerde kolçisin uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerine ait ortalama çıkış oranı (%)

Uygulama süresi	Çıkış Oranı *		
	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	96.00 a	95.33 a	95.67 A
4 Saat	45.00 b	54.00 b	49.50 B
8 Saat	28.00 c	33.33 c	30.67 C
12 Saat	16.00 d	22.67 d	19.34 D
Kolçisin Uy. Ort.	29.67 B	36.67 A	
CV (%)	5.43		

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.



Şekil 1. Çimlenme oranındaki azalma oranı (%) a) Laboratuvar koşullarında b) Tarla koşullarında

Bitki Boyu ve Başak Uzunluğu

Araştırmada bitki boyu üzerine çeşidin ve kolçisin uygulama sürelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Ortalama bitki boyu kontrol grup bitkilerde Ünver çeşidinde 71.44 ± 9.53 cm, Altıkat arpa çeşidinde ise 48.18 ± 7.40 cm olarak belirlenmiştir. Kolçisin uygulaması her iki çeşitte de bitki boyunda artış meydana getirmiştir. Nitekim, Ünver çeşidinde 4, 8 ve 12 saat uygulamalarında sırasıyla 77.03 cm, 80.25 cm, 72.82 cm, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 54.64 cm, 55.32 cm ve 55.88 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Ortalama başak uzunluğu kolçisin uygulama süresine göre 7.78-8.17 cm arasında değişmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En kısa başak uzunluğu kontrol grubu (Ünver 8.88 ± 1.34 ; Altıkat 5.70 ± 0.76 cm) bitkilerinde (ortalama 7.29 cm), en uzun ise 8 saat uygulamasında belirlenmiştir. Bitki boyunda meydana gelen artış, başak boyunda da gözlenmiştir. Başak uzunluğu yönünden çeşitler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ortalama başak uzunluğu Ünver çeşidinde 9.18 cm, Altıkat çeşidinde 6.39 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Başak uzunluğuna çeşitlerin kolçisin uygulamasına tepkisi farklı olduğundan çeşit x süre interaksyonu da istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.01$).

Çizelge 4. Farklı sürelerde kolçisin uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerine ait ortalama bitki boyu (cm) ve başak uzunluğu (cm)

Uygulama süresi	Bitki Boyu*			Başak Uzunluğu*		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	71.44	48.18	59.81 C	8.88 c	5.70 c	7.29 C
4 Saat	77.03	54.64	65.84 AB	9.22 ab	6.34 b	7.78 B
8 Saat	80.25	55.32	67.78 A	9.53 a	6.80 a	8.17 A
12 Saat	72.82	55.88	64.35 B	9.09 bc	6.73 a	7.91 B
Ortalama	75.38 A	53.51 B		9.18 A	6.39 B	
Kolçisin Uyg. CV (%)	11.13	10.82		10.42	11.88	

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Kolçisin uygulanmış bitkilerde Ünver çeşidinde bitki boyu yönünden minimum (min.) ve maksimum (max.) değerler; 4 saatte uygulamasında 57.0-94.5 cm, 8 saatte 57.0-107.0 cm, 12 saatte ise 48.0-92.0 cm, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 37.2-69.8 cm, 37.0-67.3 cm, 41.0-78.0 cm arasında değişmiştir. Başak uzunluğu ise Ünver çeşidinde 6.0-11.5 cm, 7.0-11.4 cm, 6.0-11.0 cm; Altıkat çeşidinde 4.1-8.0 cm, 3.5-8.9 cm, 3.0-8.80 cm arasında değişmiştir. Kolçisin uygulanmış bitkilerde bitki boyu ve başak uzunluğu yönünden varyasyonun meydana geldiği belirlenmiştir.

Başakçık Sayısı ve Başak Sıklığı

Araştırmada kolçisin uygulanmış bitkilerde başak uzunluğundaki artışa bağlı olarak ortalama başakçık sayısı da artmış (22.55-26.65 adet) ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En fazla başakçık

sayısına sahip başaklar 8 saat uygulamasında en düşük ise kontrol grubunda (ortalama 21.33 adet, Ünver 27.34±4.66 adet; Altıkat 15.29±2.63 adet) belirlenmiştir. Ünver çeşidinde başakçık sayısı 27.37-28.47 adet arasında değişmiş, ancak bu farklılık önemli olmadığı halde, Altıkat çeşidinde uygulamalar arasındaki fark (15.29-24.83 adet) istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve çeşit x süre interaksyonunun istatistiksel olarak önemli çıkmasına neden olmuştur ($P<0.01$; Çizelge 5).

Başakçık sayısının başak eksen uzunluğuna oranlanması ile elde edilen başak sıklığı üzerine çeşidin ve kolçisin uygulama sürelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.01$) ve uygulama süresi uzadığında her iki çeşitte de başak sıklığı azalmıştır. Başak sıklığı Ünver çeşidinde %29.11-33.29, Altıkat çeşidinde ise %28.95-32.0 arasında değişmiş ve çeşitler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Uygulama süresine göre ortalama başak sıklığı %29.03-32.65 arasında değişmiş ve en sık başak yapısına kontrol grubunda en seyrek ise 12 saat kolçisin uygulandığında belirlenmiştir.

Kolçisin uygulanmış bitkilerde Ünver çeşidinde başakçık sayısının min. ve mak. değerleri; 4 saatte uygulamasında 18.0-35.0 adet, 8 saatte 18.0-35.0 adet, 12 saatte ise 20.0-35.0 adet, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 7-23.8 adet, 18.0-35.0 adet, 20.0-35.0 adet arasında değişmiştir. Başak sıklığı ise Ünver çeşidinde 26.0-40.0, 23.53-42.50, 21.1-36.8; Altıkat çeşidinde 12.3-40.4, 21.2-45.5, 18.0-40.9 arasında değişmiştir. Kolçisin uygulanmış bitkilerde başakçık sayısı ve başak sıklığı yönünden varyasyonun meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 5. Farklı sürelerde kolçisin uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerine ait ortalama başakçık sayısı (adet) ve başak sıklığı (%)

Uygulama süresi	Başakçık Sayısı *			Başak sıklığı *		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	27.37 a	15.29 c	21.33 C	33.29	32.00	32.65 A
4 Saat	27.88 a	17.22 b	22.55 B	32.33	30.21	31.27 B
8 Saat	28.47 a	24.83 a	26.65 A	31.66	29.68	30.67 B
12 Saat	27.65 a	18.33 b	22.99 B	29.11	28.95	29.03 C
Ortalama	27.85 A	18.92 B		31.59 A	30.21 B	
Kolçisin Uyg. CV (%)	11.65	16.42		9.54	16.49	

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Başakta Tane Sayısı ve Ağırlığı

Araştırmada başakta tane sayısı ve ağırlığı üzerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulaması ve çeşidin etkisi istatistiksel olarak önemli, çeşit x süre interaksyonu ise sadece tane sayısında önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Kolçisin uygulaması ortalama başakta tane sayısını önemli seviyede arttırmıştır. Kontrol grubunda (Ünver 26.27±1.11; Altıkat 41.32±8.47) ortalama 33.80 adet iken, 8 saat süre uygulamasında 39.11 adet olarak belirlenmiştir. Altıkat çeşidinde ortalama tane sayısı, iki sıralı çeşitten daha fazla olmuştur. Çeşitlerin kolçisin

uygulanmasına tepkisi farklı olmuş, Ünver çeşidinde tüm uygulamalar aynı grupta yer alırken, Altıkat çeşidinde uygulama süresine bağlı olarak tane sayısı artmıştır (Çizelge 6).

Başakta tane ağırlığı, tane sayısı fazla olan Altıkat çeşidinde daha yüksek bulunmuştur (1.93 g). Kolçisin uygulanmış bitkilerde tane ağırlığı artmış ve en yüksek değer 12 saat uygulamasında belirlenmiş (1.86 g), ancak bu uygulama ile 8 saat uygulama (1.85 g) arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. En düşük başakta tane ağırlığı kontrol grubunda (1.52 g) belirlenmiştir (Çizelge 6).

Kolçisin uygulanmış bitkilerde Ünver çeşidinde başakta tane sayısının min. ve mak. değerleri; 4 saatte uygulamasında 18.0-34.0 adet, 8 saatte 18.0-35.0 adet, 12 saatte ise 17.0-33.0 adet, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 17-67 adet, 23.0-80.0 adet, 32.0-73.0 adet arasında değişmiştir. Başakta tane ağırlığı ise Ünver çeşidinde 0.70-2.03 g, 0.96-1.09.0 g, 0.60-2.20 g; Altıkat çeşidinde 0.92-2.95 g, 0.90-3.35 g, 1.03-3.49 g arasında değişmiştir. Kolçisin uygulanmış bitkilerde başakta tane sayısı ve ağırlığı yönünden varyasyon belirlenmiştir.

Çizelge 6. Farklı sürede kolçisin (%0.1) uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerinde başakta ortalama tane sayısı (adet) ve ağırlığı (g)

Uygulama süresi	Başakta tane sayısı*			Başakta tane ağırlığı*		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	26.27	41.32 c	33.80 C	1.36	1.68	1.52 B
4 Saat	27.14	45.43 b	36.29 B	1.36	1.89	1.62 B
8 Saat	28.37	49.84 a	39.11 A	1.68	2.02	1.85 A
12 Saat	26.68	50.69 a	38.68 A	1.59	2.13	1.86 A
Ortalama	27.12 B	46.82 A		1.49 B	1.93 A	
Kolçisin Uyg. CV (%)	11.77	18.71		16.22	22.58	

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Tartışma

Araştırmada autopoliploid bitki elde edebilmek için, iki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulanmış ve genom mutasyonu oluşturulması hedeflenmiştir. Laboratuvar ve tarla şartlarında çimlenme oranı üzerine uygulama süresi uzadıkça kolçisinin olumsuz etkisi artmıştır. Her iki çeşitte de laboratuvar ve tarla şartlarında kontrol grubunda çimlenme oranı %90'nın üzerinde iken, laboratuvarda kolçisin uygulamasında ortalama çimlenme oranı Ünver çeşidinde %46.0 Altıkat'da ise %51.33 olmuştur. Arazi koşullarında ise bu oran daha da azalmış ve aynı sıra ile %29.67 ve %36.67 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1 ve 3). Bu durum kolçisinin çimlenme üzerine olan olumsuz etkisi kontrolsüz şartlarda daha fazla olduğunu göstermektedir. Tarla şartlarında zayıf gelişen ve etkilenmiş görümlü olan fidelerin kış şartlarına dayanamadığı bir iki ay içerisinde öldüğü belirlenmiştir. Poliploidi ıslahında istenilen sonuçların alınabilmesi için ortam şartlarının optimize olması gerektiği ve kullanılacak materyale göre uygulama süresinin önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir (Elradi, 2009; Sağsöz ve ark., 2012).

Araştırmada tarla koşullarında yaşayan bitkilerde bazı tarımsal özellikler incelenmiş ve meydana gelen genetik varyasyon belirlenmeye çalışılmıştır. Co generasyonunda incelenen bitki sayısının fazla olması (toplam Ünver 387 adet, Altıkat 390 adet), miksoptoid ve kimerik bitkilerin de bulunabileceği düşüncesi ile kromozom sayımı Co generasyonunda yapılmamıştır. İncelenen özelliklerde varyasyon gösteren başaklar seçilerek (C1 generasyonunda), bu varyasyonun genetik yapıdan mı yoksa çevre şartlarından mı kaynaklandığı tespit edildikten sonra autotetraploid bitkilerin varlığı belirlenecektir. Elradi (2009) bildirdiğine göre Co generasyonunda somatik dokularda kimera oluşumu nedeniyle yapılan sitolojik incelemelerin yanlış sonuçlar verebildiğini ve sitolojik kontrolün C1 generasyonundan itibaren yapılmasının daha uygun olduğu ileri sürülmüştür (Feltz, 1953). Farklı bitki türleri veya çeşitleri üzerinde yapılan çalışmalarda kolçisin uygulamasından sonra miksoptoid ve kimerik yapıları bitkilerin meydana gelebildiği bildirilmiştir (Deniz, 1985; Hague ve Jones, 1987; Hassan ve ark., 1989; Hassan ve ark., 1991; Tepe ve ark., 2002). Yine çok yıllık çavdarın çimlendirilmiş tohumlarına % 0.1'lik kolçisin uygulanan çalışmada, autotetraploid (%0.32), diploid (%4.48), aneuploid (%0.16), miksoptoid (%0.12) ve kimerik (%0.40) bitkiler belirlenmiştir (Sağsöz ve Akgün, 1994). Yine, macar fiği ve tüğlü fiğ üzerinde yapılan çalışmada, kolçisin uygulamasından sonra tüğlü fiğde farklı ploidi seviyesine sahip köklerin bir arada olduğu miksoptoid bitkilerin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca macar fiğinde tetraploid bitki oranı %1, tüğlü fiğde ise %12 olarak tespit edilmiştir (Elradi, 2009). Tetraploid bitki oranı bitki türüne, kolçisin konsantrasyonuna, işlem süresine ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir. Buna ek olarak, kolçisinden etkilenen hücre sayısı az olduğundan ve bu hücrelerin bölünmesi daha yavaş olacağından dolayı bitki büyümesi esnasında kaybolarak diploide dönüşebildiği bildirilmiştir (Özer ve Sağsöz, 1991). Yine çok yıllık çavdarda kolçisin uygulamasından sonra (Co) fidelerinin kök uçlarında kromozom sayısı $2n=4x=28$ olarak belirlenmiş, ancak polen ana hücrelerinde kromozom sayısının $2n=14$ dönüştüğü belirlenmiştir (Elçi, 1982). Bu veriler kromozom sayımının genetik varyasyon belirlendikten sonra yapılmasının daha doğru sonuçlar verebildiğini göstermektedir.

Araştırmada işlem süresinin uzamasına bağlı olarak tarla koşullarında kolçisinden zarar görme seviyesi artmış ve çıkış oranı azalmıştır. Çeşitlerin kolçisinden etkilenme oranı da değişmiştir. Nitekim Ünver çeşidinde 12 saat işlem görmüş tohumlarda çıkış oranındaki azalma %83.33 kadar yükselirken, Altıkat çeşidinde %65.73 olarak belirlenmiştir. Laboratuvar koşullarında ise çeşitlerin çimlenme oranındaki azalma oranı %56 seviyesinde bulunmuştur. Bu durum çevre şartlarının yaşayan fide sayısı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Kolçisin uygulamasından sonra, yaşayan fide oranının kontrole göre önemli seviyede azaldığı farklı bitki türlerinde araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Hassan ve ark., 1989; Özer ve Sağsöz, 1991; Akgün, 1997; Elradi, 2009).

Araştırmada kolçisin uygulanmış bitkilerde verime etkili olabilecek incelenen özelliklerde varyasyon belirlenmiştir. Ortalama bitki boyu, başak uzunluğu, başakçık sayısı ile başakta ortalama tane sayısı ve ağırlığı kontrol grubu bitkilere göre daha fazla, başak sıklığı ise daha az bulunmuştur. Ancak kolçisin uygulanmış bitkilerin tamamında incelenen özellikler, kontrole göre üstün olmayıp, bazı bitkilerde elde edilen değerler daha düşük bulunmuştur. Elradi, (2009) tarafından yapılan çalışmada diploid tüğlü fiğ bitkilerde bitki boyu, tetraploidlerden daha uzun bulunmuştur. Bu durum tetraploidlerde gövde uzamasının daha yavaş olması ile açıklanmıştır. Yine poliploid bitkilerde başlangıçta hücre bölünmesinin daha yavaş ve metabolik aktivitenin daha

az olmasından (Sağsöz ve ark., 2012) kaynaklanabilmektedir. Joshi ve Verma, (2004) poliploid bitkilerin ilk başta yavaş büyüme gösterdikleri daha sonra avantajlı duruma geçtiklerini ileri sürmüşlerdir.

Kolçisinin genom sayısını katlayarak genetik varyasyon oluşturması yanında gen mutasyonları oluşturabildiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sanders ve Franzke, 1980; Francis ve Jones, 1989; Hassan, 1996; Akgün ve ark., 1997). Yine kolçisinin meydana getirdiği varyasyonun kalıtsal olduğu ve generasyonlar boyunca taşınabildiği ileri sürülmüştür (Francis ve Jones, 1989; Luckett, 1989; Hassan, 1996).

Kolçisin uygulamasından sonra diploid kalan (C2X) bitkilerde kalıtsal değişiklikler farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Nitekim çok yıllık çim bitkilerinde kardeş sayısı, yeşil ve kuru ot verimi gibi bazı tarımsal özelliklerde önemli varyasyonlar belirlemişlerdir. Yine tek ve çok yıllık çimin 10 farklı hattına %0.2'lik kolçisin uygulanmıştır. İşlem görmemiş kontrol bitkiler 2X, kolçisin uygulamasından sonra diploid kalan bitkiler C2X olarak isimlendirilmiştir. İncelenen birçok hatta C2X bitkilerin kontrollerinden daha fazla kardeş sayısı, daha erkenci, yeşil ve kuru ot verimi ile daha fazla generatif kardeş oluşturduğu belirlenmiştir. Araştırma sonunda iki farklı çim türünde kolçisin işleminde önemli kalıtsal varyasyonların meydana geldiği tespit edilmiştir (Hassan ve ark., 1989). Çok yıllık çavdar üzerinde yapılan çalışmada kolçisin uygulamasından sonra diploid kalan bitkiler (C2X), kontrol diploidleri (2X) ve tetraploidleri (C4X) bazı tarımsal özellikler yönünden karşılaştırılmıştır. C2X bitkilerinde ortalama başak uzunluğu, başakçık sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, kardeş sayısı, yeşil ve kuru ot verimi ile ham protein oranı kontrol diploidlerinden daha fazla bulunmuştur (Akgün ve ark., 1997).

Araştırmada kolçisin uygulanmış bitkilerdeki incelenen özellikler yönünden meydana gelen varyasyon, birim alandaki bitki sıklığının azalmasına bağlı olarak çevre şartlarından kaynaklanabildiği gibi, genetik yapıdan da meydana gelebilir. Kolçisinin oluşturduğu varyasyon ya DNA dizilişindeki reorganizasyon ya da genetik faktörlerin interaksiyonu (epigenetik) veya nokta mutasyonların sonucu meydana gelebilir. Kolçisin işleminden sonra transversiyonel mutasyonun (bir pürin-pirimidin çifti yerine pirimidin- pürin baz çiftinin geçmesi), resiprokal translokasyonların, DNA zincirinin belli kısmında artış sağlayabildiği (duplikasyon) farklı araştırmalarda bildirilmiştir (Walbot ve Cullis, 1985; Hassan, 1996). Bu değişikliklerin tam olarak açıklanabilmesi için moleküler düzeyde çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç

Diğer bitki türlerinde olduğu gibi arpada da kolçisin uygulamasına bağlı olarak incelenen özelliklerde varyasyon meydana gelmiştir. Poliploid bitkilerin ($2n=28$) varlığı daha sonraki generasyonda belirlenmeye çalışılacaktır. Poliploid bitkiler bulunmasa bile meydana gelen varyasyonun değerlendirilmesinin önemli bir avantaj oluşturacağı düşünülmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

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

Kaynakça

- Akgün, İ. 1997. Çok yıllık çavdar (*Secale montanum* Guss.)’da poliploid bitki elde etme olanakları üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 28(3): 464-471
- Akgün, İ. 2016. Comparing some cytological and morphological characters of diploid and autotetraploid perennial rye (*Secale montanum* Guss.). *Seria Agronomie*, 59(2):141-146.
- Akgün, İ., Tosun, M. ve Sağsöz, S. 1997. Diploid çok yıllık çavdar (*Secale montanum* Guss.)’da colchicinin meydana getirdiği varyasyon. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül, Samsun, 107-112 s.
- Anonim, 2019. Tarım Ürünleri Piyasası, Arpa. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2018Ocak%20Tarim%20Ürünleri%20Raporu/2018-Ocak%20Arpa.pdf>. (Erişim tarihi: 09.03. 2022).
- Comai, L. 2005. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature Reviews Genetics*, 6(11): 836-846.
- Deniz, B. 1985. Diploid çayır yumağı (*F. pratensis* Huds.) çeşitlerinden yapay tetraploidlerin elde edilmesi ve bunların bazı sitolojik ve morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Dolgun, C. ve Çifci, E. A. 2018. Farklı kuraklık stresi seviyelerinin makarnalık buğday çeşitlerinde çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(2): 99-109.
- Elçi, S. 1982. Sitogenetikte Gözlemler ve Araştırma Yöntemleri, Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji 3, Elazığ, Türkiye.
- Elradi, T. 2009. Kolşisin uygulaması ile poliploid *Vicia pannonica* Crantz. (Macar fiği) ve *Vicia villosa* Roth. (tüylü fiğ) bitkilerinin elde edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization, Crops and Livestock Products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 09.03.2022).
- Feltz, H. 1953. Investigations on diploid and polyploid sugar beet, *Z. Pflanzenz*, 32, 275-300.
- Francis, A. ve Jones, R. N. 1989. Heritable nature of colchicine induced variation in diploid *L. perenne*). *Heredity*, 62: 407-410.
- Grant, V. 1981. Plant Speciation. 2nd Edn. Columbia University Press, New York.

- Hague L. M. ve Jones R. N. 1987. Cytogenetics of *Lolium perenne*. 4. Colchicine induced variation in diploids. *Theo Apl. Genet.*, 74: 233-24
- Hassan, L., Jones, R. N. ve Posselt U. K. 1989. A novel source of genetic variation in ryegrasses (*L. multiflorum*, *L. perenne*). *Heredity*, 63: 339-342.
- Hassan, L., Jones, R. N., Parker, J. P. ve Posselt, U. K. 1991. Colchicine-induced heritable variation in cell size and chloroplast number in the leaf cells of inbred ryegrasses (*Lolium perenne*, *L. multiflorum*). *Euphytica*, 52: 39-45.
- Hassan, L. 1996. Heritable nature of colchicine induced variation in wheat. Conference Abst., June 10-14, Ankara, Turkey, 358 s.
- ISTA, 1999. *Seed science and technology*. Zürich, Switzerland, 27: 162-173.
- Joshi, P. ve Verma, R. C. 2004. High frequency production of colchicine induced autotetraploids in faba bean (*Vicia faba* L.). *Cytologia*, 69(2): 141-147.
- Karakoca, T. ve Akgün, İ. 2020. Arpada farklı gama radyasyon dozu uygulamalarının M₂ generasyonunda bazı tarımsal özellikler üzerine mutagenik etkilerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1): 96-104.
- Lewis, W. H. 1980. Polyploidy in species populations. *Basic Life Sciences*. Springer, Boston, pp. 103–144. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3069-1_6
- Luckett, D. J. 1989. Colchicine mutagenesis is associated with substantial heritable variation in cotton. *Euphytica*, 42: 177-182.
- Madidi, S. E., Baroudi, B. E. ve Aameur, F. B. 2004. Effects of salinity on germination and early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Int. J. Agric. Biol.*, 6: 767-770.
- Özer, İ. 1989. Çok yıllık diploid çavdar (*Secale montanum* Guss.) bitkilerinden yapay tetraploidlerinin elde edilmesi ve bunların bazı sitolojik ve morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Özer, İ. ve Sağsöz, S. 1991. Çok yıllık diploid çavdar (*Secale montanum* Guss.) bitkilerinin yapay tetraploidlerinin elde edilmesi ve bunların bazı sitolojik ve morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması, Türkiye 2. Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi, 28-31 Mayıs, İzmir, 594-602.
- Özer, İ. ve Sağsöz, S. 1994. Çok yıllık çavdar ve yapay tetraploidlerinin bazı sitolojik özellikleri, Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan, İzmir, 214-218.
- Rao, V. R. ve Hodgkin, T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, tissue and organ culture*, 68(1): 1-19.
- Sağsöz, S. ve Akgün, İ. 1994. Çok yıllık çavdar ve yapay tetraploidlerinin bazı sitolojik Özellikleri. Tarla Bit. Kong. Cilt II. Bitki Is. Bil., 25-29 Nisan, İzmir, 214-218.
- Sağsöz, S., Tosun, M. ve Akgün, İ. 2012. Sitogenetik. Atatürk Üniv. Yay. No.703 Zir. Fak. Ders Yay. No: 307, Ders Kitap No. 59, Erzurum, 229 s.

- Sanders, M. E. ve Franzke, C. J. 1980. Effect of light on origin of colchicine-induced complex mutants in sorghum. *Journal of Heredity*, 71(2): 83-92.
- Sipahi, H., Sayım, İ., Ergün, N. ve Çetin, G. 2010. Maltlık kalitesi yüksek arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin geliştirilmesi. (Biyoteknoloji iş paketi: İkiye katlanmış haploid bitkilerin üretilmesi). Tübitak Projeleri. Maltlık Arpa Geliştirme Projesi (TÜBİTAK1007-KAMAG 105 G 083) 2006-2010
- Tepe, S., Ellialtıoğlu, S., Yenice, N. ve Tıprıdamaz, R. 2002. In vitro kolhisin uygulaması ile poliploid nane (*Mentha longifolia* L.) bitkilerinin elde edilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 63-69.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 09.03.2022).
- Walbot, V. ve Cullis, C.A. 1985. Rapid Genomic Change in Higher Plants. *Annual Reviews of Plant Physiology*, 36: 367-396.
- Yürür, N., Tosun, O., Eser, D. ve Geçit, H. H. 1981. Buğdayda Ana sap verimiyle bazı karakterler arasındaki ilişkiler. *Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 755: 443.



Çukurova Koşullarında Lavandin (*Lavandula X intermedia* Emeric ex Losiel.) Ekotip ve Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi^A

Perihan Ceren ÖZER^{*}, Elif FERAHOĞLU², Saliha KIRICI²

Öz: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 2018-2020 yılları arasında iki yıllık bir deneme olarak yürütülen bu çalışmada farklı Lavandin çeşitleri ve bir Lavandin ekotipinin Çukurova koşullarında verim ve kalite özellikleri incelenmiştir. Başak sap uzunluğu ve başak uzunluğunda birleştirilmiş yıllarda Akmeşe ekotipi (53.47 cm; 10.67 cm) en yüksek değerlere sahip olmuştur. Yıllar bazında ise ölçülen her iki bileşen için de 2. yılda 1. yıla oranla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Yeşil herba ve kuru herba verimlerinde birleştirilmiş yıllarda ve ÇeşitxYıl interaksyonunda Abrial çeşidinin en yüksek verime, Akmeşe ekotipinin ise en düşük verime ulaştığı saptanmıştır. Yıllar bazında yeşil herba ver kuru herba verimlerinde 1. yılda 2. yıla oranla daha yüksek verim değerlerine ulaşılmıştır. Kuru çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi bakımından “Grosso” çeşiti öne çıkmıştır. İki yıllık veriler birlikte değerlendirildiğinde uçucu yağ bileşenleri 1,8-cineol (%6.51-20.53), linalool (%24.62-34.68), camphor (%6.02-18.87) endo-borneol (%3.42-20,21) ve linalyl asetat (%1.33-22.69) olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lavandin, *Lavandula x intermedia* Emeric ex Losiel. Verim, Uçucu yağ bileşenleri.

^A Bu yayın Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Proje no: FYL-2019-11699. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Perihan Ceren ÖZER (Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye, cerenbastas@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6206-5390](https://orcid.org/0000-0002-6206-5390))

² Elif FERAHOĞLU, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Balcalı Kampüsü, Adana, Türkiye, eferahoglu@cu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-2107-3482](https://orcid.org/0000-0002-2107-3482)

² Prof. Dr. Saliha KIRICI, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Balcalı Kampüsü, Adana, Türkiye, kirici@cu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-5798-857X](https://orcid.org/0000-0002-5798-857X)

Atf/Citation: Özer, P.C., Ferahoğlu, E. ve Kırıcı, S. 2023. Çukurova koşullarında bazı lavanta (*Lavandula angustifolia* miller ve *Lavandula X intermedia* Emeric ex Losiel.) ekotip ve çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 17-33. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1121688>

Determination of Production and Quality Characteristics of Some Lavandin (*lavandula x intermedia emeric ex losiel.*) Ecotype and Varieties Under Çukurova Conditions

Abstract: In this study, yield and quality characteristics of different Lavandin cultivars and one Lavandin ecotype were investigated under Çukurova conditions in a two-year experiment conducted between 2018 and 2020 at Çukurova University, Faculty of Agriculture, Field Crops Research and Application Farm. In the combined years, Akmeşe ecotype had the highest values in spike stem length and spike length (53.47 cm, 10.67 cm). On the basis of years, higher values were obtained in the second year compared to the first year for both components measured. In green herb and dry herb yields, it was determined that Abrial cultivar had the highest yield while Akmeşe ecotype having the lowest yield in combined years and cultivar x year interactions. In green herb and dry herb yields on the basis of years, higher yield values were reached in the first year compared to the second year. "Grosso" variety stood out in terms of dry flower yield, essential oil ratio and essential oil yield. When the two-year data were evaluated together, the essential oil components were determined as 1,8-cineole (6.51-20.53%), linalool (24.62-34.68%), camphor (6.02-18.87%) endo-borneol (3.42-20.21%) and linalyl acetate (1.33-22.69%).

Keywords: Lavandin, *Lavandula x intermedia Emeric ex Losiel.* Yield, Essential oil components.

Giriş

Dünyada tıbbi ve aromatik bitkilerin endüstriyel alanda (ilaç, kozmetik, parfümeri, boyama vb.) kullanımı hız kazanmış ve tıbbi ve aromatik bitkilerin insan sağlığı ile doğrudan ilişkili olması, özellikle gelişmiş ülkelerde bitkisel ilaçlara, organik ve doğal besinlere olan eğilimi arttırmıştır (Özdemirel ve Kaçar,2020).

Lavanta bitkisi Akdeniz havzasında, kayalık, kalkerli bölgelerin bitkisidir. Lavanta Kuzey Afrika, Akdeniz, Avrupa ve Batı Hindistan'da görülür (Erbaş ve ark., 2017). Antik Yunanlılar ve Romalılar tarafından temizlik ve kozmetikte kullanılan lavanta bitkisi daha sonra İngiltere'de kraliyet bahçesinde peyzaj amaçlı yetiştirilmeye başlanmıştır (Akgül ve ark., 2019). İnsan vücudunda saptanan lavanta yağı faydaları kısaca şu şekilde sıralanabilir; Kaygı ve duygusal stresi hafifletme, diyabet semptomlarının oluşumunda önleyici, beyinsel aktiviteyi artırma, yara ve yanıkların hızlı iyileşmesinde, uyku anksiyetesini düzenlemede, cilt problemlerini iyileştirmede, cilt alerjisi problemlerinde güçlü antioksidan içeriği ile yaşlanmayı geciktirmesi ve ağrıları hafifletmede analjezik olarak kullanılması gibi birçok tıbbi etkiye sahiptir. (Sugawara ve ark., 1998; Basch ve ark., 2004; López ve ark., 2017).

Dünya çapında ticari amaçla kullanılan lavanta türlerinden uçucu yağı ve kalitesi nedeniyle en çok tercih edilen üç türü; Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill. = *L. officinalis* L. = *L. vera* DC), Lavandin (*Lavandula*

intermedia Emeric ex Loisel. = *L. hybrida* L.) ve Spike Lavender (*Lavandula spica* = *L. latifolia* Medik.)' dir (Güler ve Korkmaz, 2018).

Lavanta bitkisinin en önemli yetiştirilme amacı çiçeğinden elde edilen renksiz veya hafif sarı renkte olan uçucu yağdır. Yapılan birçok araştırma sonucuna göre gerçek lavanta çiçeğinin en az % 1 uçucu yağ içermesi gerekmektedir. Lavanta yağı birçok geleneksel tıp, ilaç ve kozmetik sanayisinde kullanılmaktadır. Bu nedenle lavanta yağının içerisinde bulunan bileşikler ve miktarları da büyük bir öneme sahiptir. Lavanta bitkisinden elde edilen uçucu yağın kalitesi yağın bileşiminde bulunan linalil asetat ve linalool oranına göre belirlenir. Elde edilen uçucu yağın yapısında bulunan luteolin tipi flavonoidlerin bakterostatik ve spazmotik etkileri bulunmaktadır. Aynı zamanda lavanta yapısında β -pinen, linalool, lavendulol, campher, terpineol, camphor, borneol, ferkan ve cineol gibi bileşikler de taşır (Atalay, 2008; Kara ve Baydar, 2013 a).

Bahsedilen bu özellikler Lavanta ve ürünlerine Dünya üzerindeki talep artışını sağlamıştır. Bu çalışmanın amacı da Çukurova ve benzeri Akdeniz iklimine sahip bölgelerdeki üreticilere uygun çeşitlerinin ve ekotipin verim ve kalite özellikleri açısından belirlenmesini sağlamaktır.

Materyal ve Yöntem

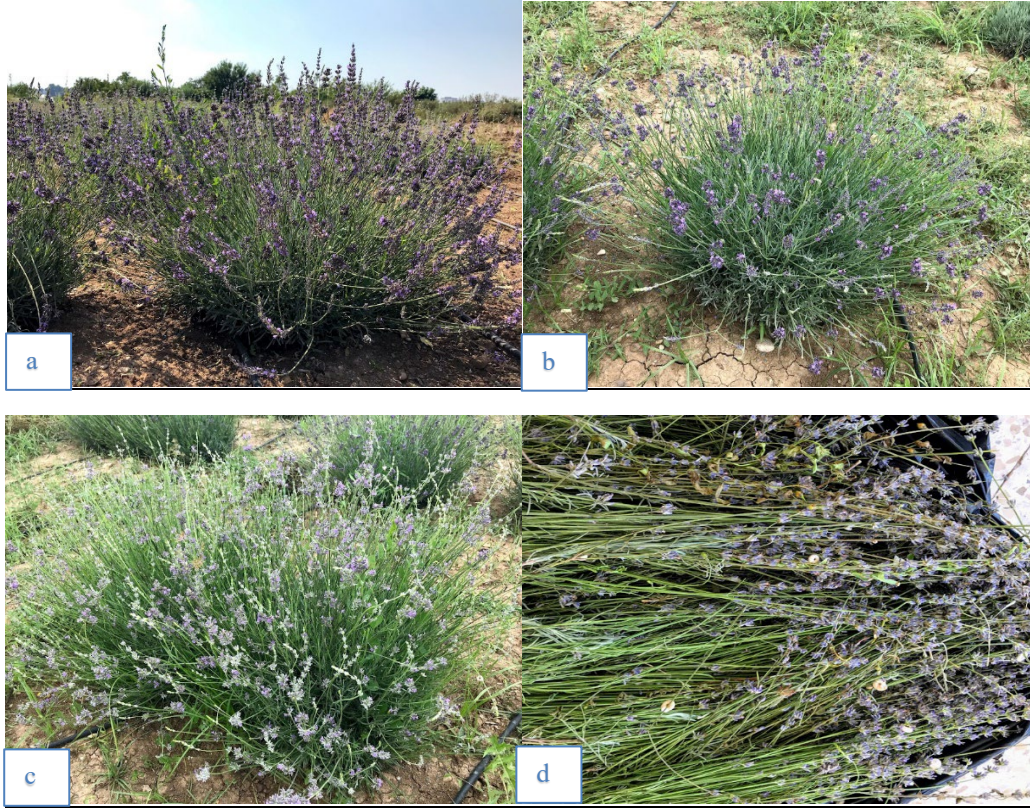
Çalışma, Çukurova Üniversitesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 2018-2020 yılları arasında gerçekleştirilmiştir.

Materyal

Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden elde edilen 3 lavandin çeşidi ve 1 lavandin ekotipi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) çeşitleri olan Grosso, Abrial, Seguret ve Akmeşe ekotipine ait özellikler Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Lavandin çeşitlerinin genel özellikleri (Karık ve ark., 2017; Aslanca, 2016)

Çeşit/Ekotip	Boy	Çiçek Rengi	Genel özellikleri
Grosso	60-80 cm	Menekşe moru	Sabun ve kozmetik ürünlerinde kullanılan başlıca ticari çeşitlerden biri olup, yoğun kokulu çiçeklerinin kuru çiçek olarak da kullanımı yaygındır.
Abrial	70-80 cm	Lila moru	Kompakt yapıda, aromatik gri-yeşil yapraklara sahiptir. Abrial çeşidi bol miktarda bal özütü taşıyan çiçek açar, parfümlüdür, çok koyu renklidir.
Akmeşe	60-80 cm	Lila moru	Kompakt yapıda, gri-mavi yapraklara sahiptir. Gövde rengi canlı yeşil renkte olup, orta boyludur. Ekotip olarak henüz fiziksel özellikleri tam netleşmemiş bir popülasyondur. Çiçekleri aromatik ve yoğun kokuludur.
Seguret	60-80 cm	Koyu Menekşe Moru	'Grosso'ya çok yakın, daha kompakt bir Lavandin çeşididir. Ayrıca ekinlerde lavanta hastalığına karşı çok iyi bir direnç gösterir. Çiçekler yoğun kokulu, kompakt ve dayanıklıdır. Orta hızlı büyür.



Şekil 1. Denemede kullanılan ekotip ve çeşitler (a.Grosso, b.Abrial, c.Akmeşe, d.Seguret)

İklim Özellikleri

Deneme yıllarına ilişkin iklim verileri Çizelge 2’ de verilmiştir. Tesis yılında ve iki yıllık deneme boyunca aylık ortalama sıcaklık verileri uzun yıllar sıcaklık ortalamaları ile benzer bulunmuştur. Haziran ayı sıcaklık ortalaması, uzun yıllar sıcaklık ortalamasından yüksek bulunurken; denemenin ikinci yılında sıcaklık ortalaması, birinci yıldan daha düşük bulunmuştur. Yağış miktarı denemenin ikinci yılının Haziran ayında, birinci yıla ve uzun yıllar yağış ortalamasına oranla daha yüksek bulunmuştur. Denemenin ikinci yıl toplam yağış miktarı (856.1 mm), birinci yıl toplam yağış miktarından (896.8mm) düşük bulunmuştur. Aylık ortalama nisbi nem değerlerine baktığımızda Aralık, Mart ve Nisan ayları, uzun yıllar ortalama nisbi nemine oranla daha yüksek bulunmuştur. Diğer aylarda deneme boyunca, uzun yıllar nisbi nem ortalamaları ile benzer bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Adana ilinde uzun yıllar ve deneme yıllarına ait ortalama sıcaklık (°C), toplam yağış (mm) ve ortalama nisbi nem (%) değerleri (Anonim, 2018, 2019, 2020)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)			Aylık Toplam Yağış (mm)			Aylık Ort. Nisbi Nem (%)			2015-2020 Uzun Yıllar İklim Ortalamaları		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Yağış (mm)
1	-	9.8	9.2	-	231.4	125.4	-	69.0	64.6	9.4	64.9	160.3
2	-	12.4	9.6	-	91.3	102.1	-	73.0	66.1	11.8	66.6	76.8
3	-	13.1	16.4	-	108.1	49.8	-	74.0	71.1	14.7	68.9	81.1
4	-	18.3	18.6	-	52.9	59.1	-	73.7	75.0	17.8	66.2	45.9
5	26.4	25.3	26.8	42.2	2.8	56.7	64.9	61.0	61.9	22.4	66.2	59.9
6	28.3	28.7	27.8	54.4	43.0	48.6	75.2	74.2	72.5	25.6	72.3	45.1
7	28.0	28.7	30.2	0.2	39.6	0.4	73.7	73.8	63.8	28.7	70.1	7.9
8	30.4	30.6	31.7	0.0	0.4	0.8	71.9	74.3	57.3	29.2	68.5	6.0
9	29.0	26.5	-	0.4	4.7	-	64.9	65.6	-	27.3	64.9	22.4
10	21.9	26.6	-	50.4	17.4	-	54.5	61.2	-	22.9	56.3	26.9
11	17.8	15.0	-	26.4	27.2	-	59.5	50.0	-	17.1	50.4	42.8
12	11.3	13.2	-	289.9	325.1	-	73.9	74.4	-	12.1	61.5	147.3

Toprak Analizi

Çalışmanın yapıldığı alanın toprak analizlerinde 30 cm derinlikten alınan örnekler, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümü laboratuvarında yapılan toprak analizinin sonuçları Çizelge 3.'de gösterilmiştir. Araştırma alanının toprak yapısı killi yapıda ve hafif alkalidir. Tuzsuz ve çok kireçli bir toprak yapısı bulunan deneme alanı, Fosfor bakımından yeterli, Potasyum bakımından zengin bulunmuştur. Mikro elementlerde ise Çinko, Demir ve Bakır içeriği toprakta yeterli bulunurken, Mangan içeriği bakımından yetersiz bir toprak yapısına sahip olduğu yapılan analiz sonuçları ile belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Deneme alanının toprak özellikleri (Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Toprak Böl. Lab. analiz sonuçları, 2018)

Tekstür				pH %	Tuz (Mmhos /cm)	Kireç %	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
Kum %	Silt %	Kil %	Bünye %									
24.3	33.1	42.6	C	7.73	0.15	34.1	16.4	99.1	1.7	11.3	2.9	1.6

Kültürel Uygulamalar

Çukurova koşullarında yapılan araştırmada 17 Mayıs 2018'de Kahramanmaraş Araştırma Enstitüsünden temin edilen lavandin ekotip ve çeşitleri kullanılmıştır. 2018 yılında dikilen lavandin ekotip ve çeşitlerinde ilk yıl tesis yılı olup hasat yapılmamıştır. Sıra arası 1,5 m ve sıra üzeri 50 cm mesafe olacak şekilde 3 bloktan oluşan denemede her blokta 7 parsel bulunmaktadır. Toplam deneme alanı 142 m² olacak şekilde ayarlanmıştır. İlk hasat 5 Temmuz 2019'da yapılmış, ikinci hasat ise 10 Haziran 2020'de yapılmıştır. Hasat işlemi, bitkilerin

toprak seviyesinden yaklaşık 10 cm kadar yukarıdan kesilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma alanında yürütülen çalışmada sulama, damlama sulama yöntemiyle ihtiyaç halinde yapılmıştır. Yabancı ot ile mücadele de elle ve mekanik yöntemler kullanılmıştır. Gübreleme Nisan ayında 3-15 kompoze NPK gübresi dekara 6,67 kg/da olacak şekilde saf azot verilmiştir.

Yöntem

İncelenen Özellikler ve Verilerin Elde Edilmesi

Her iki hasattan sonra başak uzunluğu ve saplı çiçek uzunlukları ile yeşil herba ağırlıkları saptanmıştır. Bitkiler daha sonra gölgede oda sıcaklığında kurutularak kuru herba ağırlıkları ile bitkilerde çiçeklerin saptan ayrılma işlemi yapılarak kuru çiçek ağırlıkları ölçülmüştür.

Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi (%)

Kuru çiçekte uçucu yağ oranları; Sudan Hafif Esans Tayin Cihazı (Neo-Clevenger aпараты) ile volumetrik olarak bulunmuştur. Her örnek 10 gr olacak şekilde 1000 ml'lik balon jöjelere konulmuş, ardından üzerine 100 ml su eklenmiştir. Neo-Clevenger aпаратыne yerleştirilen örneklerle 3 saat distilasyon işlemine devam edilmiştir. Uçucu yağ oranı hava kurusu üzerinden % (ml/100 g) olarak hesaplanmıştır (Wichtl 1971). Analizler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi (%)

Uçucu yağ bileşiminin belirlenmesinde Gaz Kromatografisi (GC) yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, gazların belirli sıcaklıkta ve taşıyıcı bir gazın akış hızında, çözünürlük farkları nedeniyle sıvı gazın içinde ayrılması esasına dayanmaktadır. Uçucu yağ bileşen analizi Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında Agilent Marka 7890B GC, 7010B MS (ABD) sistemi ile belirlenmiştir. Analiz DB-Wax kolon (60 m x 0.25mm i.d x 0.25 µm, J&W Scientific-Folsom, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı 40 °C'de başlatılmış olup bu sıcaklıkta hiç beklemeden dakikada 3 °C artırılarak 240 °C'ye çıkarılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılmıştır. Elektron enerjisi 70 eV ve kütle aralığı ise 30-600 m/z'dir. Split oranı 1:20'dir. Enjeksiyon hacmi 1 µL'dir. Nist kütüphane taraması gerçekleştirilmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen veriler 'Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Deneme de tek faktör lavanta ekotip/çeşitleri olmuştur. Hesaplamalar 'JMP Pro 13' istatistik programından yararlanılarak değerlendirilmiştir. Varyans analizlerinin önemlilik testinde %1 ve %5'lik önem dereceleri kullanılmıştır. Farklı grupların belirlenmesinde %5'lik olasılık düzeyinden yararlanılmıştır. Farklı grupların sınıflandırılmasında LSD (AÖF) testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada Çukurova ekolojik koşullarında farklı lavanta ekotip ve çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri araştırılmıştır. Farklı lavanta çeşitlerinde teksel ve birleştirilmiş yıllara ait varyans analizine ilişkin veriler Çizelge 4'de ve Çizelge 5'de yer almaktadır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler ve değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur. Çizelge 4'de başak sap uzunluğunda Yıl ve Çeşit %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuş, çiçek başak uzunluğunda ise Çeşit %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Yeşil ve kuru herba verimlerinin Yıl, Çeşit ve Yıl x Çeşit etkisini %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Kuru çiçek verimi, uçucu yağ miktarı ve veriminde Çeşit %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Kuru çiçek veriminde ve uçucu yağ veriminde Yıl x Çeşit etkisini %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4. Birleştirilmiş yıllarda farklı lavandin ekotip ve çeşitlerinin verim özelliklerine etkisinin varyans analizi sonuçları (kareler ortalaması)

Varyasyon Kaynağı	Yıl	Çeşit	Yıl x Çeşit	Hata
SD	1	3	3	8
Başak Sap Uzunluğu (cm)	95.16*	14.36*	4	10.08
Başak Uzunluğu (cm)	0.3	2.25**	1.26	0.97
Yeşil Herba Verimi (kg da ⁻¹)	826060**	69013**	45863.33**	5483.7
Kuru Herba Verimi (kg da ⁻¹)	93096.9**	6189.67**	10256.23**	1692.5
Kuru Çiçek Verimi (kg da ⁻¹)	15.13	104.86**	153.80**	28.88
Uçucu Yağ Oranı (%)	1.91	6.89**	0.1	0.48
Uçucu Yağ Verimi (kg da ⁻¹)	1.6	1.79**	0.94**	0.32

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

Çizelge 5'de 2020 yılı için başak uzunluğu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru çiçek verimi, uçucu yağ miktarı ve uçucu yağ veriminde Çeşit istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2019 yılında ise yeşil herba verimi ve uçucu yağ veriminde Çeşit'in istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Teksel yıllarda farklı lavandin ekotip ve çeşitlerinin verim özelliklerine etkisinin varyans analizi sonuçları (kareler ortalaması)

Yıllar	2019			2020		
	Çeşit	Tekerrür	Hata	Çeşit	Tekerrür	Hata
SD	3	2	6	3	2	6
Başak Sap Uzunluğu (cm)	19.85	9.52	10.50	35.25	10.87	8.92
Başak Uzunluğu (cm)	1.72	2.70	0.47	8.81**	0.27	0.65
Yeşil Herba Verimi (kg da ⁻¹)	1 244 740.6**	301 954.95	68 689	573 742.7*	2 328.25	62 432
Kuru Herba Verimi (kg da ⁻¹)	366 203.07	97 114.85	97 337	58 028.52**	2 855.14	5 890.1
Kuru Çiçek Verimi (kg da ⁻¹)	675.34	1 618.24	557.54	21 217.49**	2 021.02	451
Uçucu Yağ Oranı (%)	10.38	0.37	0.85	10.53**	0.29	0.07
Uçucu Yağ Verimi (kg da ⁻¹)	12.91*	0.94	2.26	36.36**	5.31*	0.85

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

Morfolojik Özellikler

Başak Sap Uzunluğu ve Başak Uzunluğu (cm)

Çalışmada ölçülen başak sap uzunluğu ve başak uzunluğu değerlerinin teksele ve birleştirilmiş yıllarda ki değerleri Çizelge 6'da görülmektedir. Çiçek sapı üzerine çeşitlerin, yılların, çeşit x yıl interaksyonunu ile birleştirilmiş yılların etkisi önemli olmuştur. Başak Sap Uzunluğu 1. yıl 44.52-50.55 cm aralığında ölçülürken 2. yıl da 48.72-56.38 cm aralığında ölçülmüştür. Birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre Başak Sap Uzunluğu 47.13-53.47cm aralığında bulunmuştur. En yüksek çiçek sapı uzunluğu Akmeşe ekotipinde (53.47 cm) ölçülürken, en düşük başak sap uzunluğu ise Grosso çeşidinde (47.13 cm) bulunmuş, bunu aynı istatistik grubunda yer alan Abrial (48.83 cm) ve Seguret (49.92 cm) çeşitleri takip etmiştir. Yıl ortalamasını incelediğimizde başak sap uzunluğu 2. yıl (51.83 cm) 1. yıla oranla (47.85 cm) daha yüksek bulunmuştur. Yıl x Çeşit interaksyonunun incelediğimizde başak sap uzunluğunun 44.52 ile 56.38 cm aralığında olduğunu görmekteyiz (Çizelge 6). Farklı ekolojik koşullarda yürütülen çalışmalarda araştırmacılar başak sap uzunluğunu farklı Lavender ve lavandin türlerinde 1. yıl 20.75-48.50 cm (Karık ve ark., 2017) ve 23.4-34.9 cm (Kara, 2011) aralığında bulmuşlardır. 2. yılda, aynı araştırmacılar başak sap uzunluğunu sırasıyla 22.50-50.00 cm ve 24.8-39.1 cm aralığında bulmuşlardır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasında ise Karık ve ark., (2017) 21.62-49.75 cm aralığında bulurken, Kara (2011) ise 24.1-36.8 cm aralığında bulmuştur. Yıl ortalamasında aynı araştırmacılar başak sap uzunluğunu sırasıyla 37.93-39.81 cm ve 31.5-34.0 cm aralığında saptamışlardır. Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında çalışmamızda elde edilen değerlerin daha yüksek bulunduğu saptanmıştır. Bu farklılık, Çukurova koşullarında görülen sıcaklığın, tartışılan diğer araştırmaların iklim koşullarındaki sıcaklığa göre daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca denemelerde kullanılan farklı tür ve çeşitlerin, iklim ve ekolojik koşullara adaptasyonu da bu farklılıkta etkili olmuştur.

Çizelge 6. Lavandin ekotip ve çeşitlerinde başak sap uzunluğu ve başak uzunluğu (cm)

Çeşit/Ekotip	Başak Sap Uzunluğu (cm)			Başak Uzunluğu (cm)		
	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.
Grosso	44.52	49.73	47.13 B	9.69	8.30 b	8.99 BC
Abrial	48.95	48.72	48.83 B	8.29	7.95 b	8.12 C
Akmeşe	50.55	56.38	53.47 A	9.64	11.70 a	10.67 A
Seguret	47.36	52.48	49.92 AB	9.99	8.77 b	9.38 B
Yıl Ort.	47.85 B	51.83 A		9.40	9.18	
LSD (%5)	Yıl: 2.99 Çeşit: 4.10 Yıl x Çeşit: 5.95 Yıllar ort: 7.30 CV: 6.37			Yıl: 0.91 Çeşit: 1.04 2. Yıl Çeşit: 1.60 Yıl x Çeşit: 1.85 Yıllar ort: 2.26 CV: 10.60		

Başak uzunluğu iki yıllık deneme sürecinde 7.95-11.70 cm aralığında değişmiştir (Çizelge 6). Yıllar ortalamasında başak uzunluğu parametresini çeşitlere göre incelediğimizde 8.12-10.67 cm aralığında olduğunu görmekteyiz. En yüksek başak uzunluğu Akmeşe ekotipinde (10.67 cm) görülmüştür. En düşük başak uzunluğu ise 8.12 cm ile Abrial çeşidinde ölçülmüş, bunu 8.99 cm ile Grosso çeşidi takip etmiştir. 2. yılda en yüksek başak uzunluğu Akmeşe ekotipinde 11.70 cm, en düşük 7.95 cm ile Abrial çeşidinde daha sonra sırasıyla Grosso (8.30

cm) ve Seguret (8.77 cm) çeşitlerinde görülmüştür. Yıllar bazında başak uzunluğunu incelediğimizde 9.18-9.40 cm aralığında bulunmuştur. Farklı ekolojilerde yapılan çalışmalarda başak uzunluğunu Karık ve ark. (2017) ve Kara (2011) sırasıyla 1. yıl 5.5-13.0 cm ve 6.1-11.6 cm aralığında 2. yılda ise 5.75-14.25 cm ve 6.4-13.2 cm aralığında bulmuşlardır. Yıllar ortalamasında aynı araştırmacılar başak uzunluğunu sırasıyla 5.62-13.62 cm ve 6.3-12.4 cm aralığında, yıl ortalamalarını ise 10.00-11.03 ve 8.6-9.6 cm aralıklarında hesaplamışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla başak uzunluğu bakımından benzer bulunmuştur.

Yeşil ve Kuru Herba Verimleri (kg da⁻¹)

Yeşil ve kuru herba verimine ilişkin her iki yılda elde edilen değerler Çizelge 7’de gösterilmiştir. Yeşil herba verimini incelediğimizde çeşitlerin 683.93-1108.19 kg da⁻¹ aralığında bulunmuştur. En yüksek yeşil herba verimi Abrial (1108.19 kg da⁻¹) çeşidinde görülürken en düşük verim ise Akmeşe ekotipinde (683.93 kg da⁻¹) görülmüştür (Çizelge 7). Yıllar arasındaki yeşil herba verimini incelediğimizde ise 1. yıl verimi (1083.48 kg da⁻¹) 2. yıl verime göre (712.43 kg da⁻¹) daha yüksek bulunmuştur. YılxÇeşit interaksiyonunu 494.52-1436.95 kg da⁻¹ aralığında saptanmıştır. En yüksek yeşil herba verimi 1436.95 kg da⁻¹ ile 1. yıl Abrial çeşidinde görülmüştür. En düşük yeşil herba verimi ise 2. yılda Akmeşe ekotipinde (494.52 kg da⁻¹) bulunmuş, bunu aynı istatistikî grupta yer alan Seguret çeşidi 568.89 kg da⁻¹ ile takip etmiştir.

Çizelge 7. Lavandin ekotip ve çeşitlerinde yeşil ve kuru herba verimi(kg da⁻¹)

Çeşit/Ekotip	Yeşil Herba Verimi (kg da ⁻¹)			Kuru Herba Verimi (kg da ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.
Grosso	957.17 bc	1006.89 bc	982.03 B	264.44 de	338.43 bcd	301.43 B
Abrial	1436.95 a	779.44 d	1108.19 A	521.42 a	258.92 e	390.17 A
Akmeşe	873.33 cd	494.52 e	683.93 D	322.96 c	193.13 f	258.04 C
Seguret	1066.48 b	568.89 e	817.68 C	389.63 b	209.73 ef	299.68 B
Yıl Ort.	1083.48 A	712.43 B		374,61 A	250,05 B	
LSD (%5)	Yıl:69.51 Çeşit:107.52 Yıllar ort :170.26	YılxÇeşit:139.01 CV:8.25		Yıl:38.61 Çeşit:25.75 Yıllar ort:94.58	YılxÇeşit:77.23 CV:13.17	

Farklı ekolojik koşullarda ve farklı çeşitlerde yapılan çalışmalarda yeşil herba verimini Pistelli ve ark. (2017), Karık ve ark. (2017) ve Kara ve Baydar (2013 a) sırasıyla, 1. yıl 501-899 kg da⁻¹, 183.00-937.64 kg da⁻¹ ve 290.5-564.7 kg da⁻¹; 2. yıl 514.0-814.0 kg da⁻¹, 190.75-913.25 kg da⁻¹ ve 399.9-820.4 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasına bakıldığında ise aynı araştırmacılar yeşil herba verimini sırasıyla 516.0-857.0 kg da⁻¹, 186.87-904.75 kg da⁻¹, 345.2-692.6 kg da⁻¹ ve 345.2-692.6 kg da⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Karık ve ark. (2017) ile Kara ve Baydar (2013 a)’ın yeşil herba verimindeki yıl ortalamalarını incelediğimizde ise sırasıyla, 541.76-569.90 kg da⁻¹ ve 462.6-613.8 kg da⁻¹ olarak saptamışlardır. Çalışmada saptanan yeşil herba verimi diğer çalışmalarla benzer ve yüksek bulunmuştur. Çukurova ikliminin ve sıcaklıkların yüksek olması, başak sap uzunluğunda olduğu gibi yeşil herba veriminde de olumlu etkide bulunmuş ve önceki çalışmalara göre daha yüksek bulunmuştur. Yeşil herba verimini dünya çapında görülen Covid-19 nedeniyle zamanında işçi bulunamaması ve otların mücadelenin sekteye uğraması, olumsuz yönde etkilemiştir.

Kuru herba verimi birleştirilmiş yıllar bazında 193.13-521.42 kg da⁻¹ aralığında bulunmuştur (Çizelge 7). En yüksek kuru herba verimi Abrial çeşidinde (390.17 kg da⁻¹), en düşük kuru herba verimi ise Akmeşe ekotipinde (258.04 kg da⁻¹) ölçülmüştür. En yüksek kuru herba verimi 1. yılda (374.61 kg da⁻¹) görülürken, en düşük kuru herba verimi ise 2. yılda (250.05 kg da⁻¹) görülmüştür. YılxÇeşit interaksiyonu incelendiğinde, 193.13-521.42 kg da⁻¹ arasında değiştiği Çizelge 6'da gözlemlenmiştir. İnteraksiyonda en yüksek kuru herba verimi 1. yılda Abrial çeşidinde (521.42 kg da⁻¹) ölçülmüştür. En düşük kuru herba verimi ise 2. yılda Akmeşe ekotipinde (193.13 kg da⁻¹) görülmüş, bunu Seguret çeşidi (209.73 kg da⁻¹) takip etmiştir. Kuru herba veriminde Grosso çeşidi hariç diğer ekotip ve çeşitlerde birinci yıl verim değerleri ikinci yıla oranla daha yüksek bulunmuştur. İkinci yıl Covid-19 sürecinin seyretmesi ve yabancı ot mücadelesinin de sekteye uğramasına dolayısıyla verimin istenilen düzeye ulaşamamasına sebep olmuştur. Yapılan diğer çalışmaları incelediğimizde Pistelli ve ark. (2017), Karık ve ark. (2017) ile Kara ve Baydar (2013 a) kuru herba verimini sırasıyla, 1. yıl 179-374 kg da⁻¹ 83.25-539.11 kg da⁻¹, ve 145.1-288.5 kg da⁻¹; 2. yıl 190-358 kg da⁻¹, 88-451.25 kg da⁻¹ ve 195.5-367.3 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasına bakıldığında ise aynı araştırmacılar kuru herba verimini sırasıyla 185-366 kg da⁻¹, 85-450.75 kg da⁻¹ ve 170.3-374.5 kg da⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Farklı ekolojik koşullarda yapılan diğer çalışmalarda, Karık ve ark. (2017) ile Kara ve Baydar (2013 a)'ın kuru herba veriminin yıl ortalamalarını sırasıyla, 243.17-270.31 kg da⁻¹ ve 219.7-312.0 kg da⁻¹ olarak saptamışlardır. Kuru herba verimi açısından çalışmada elde edilen verim değerleri, yapılan diğer çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

Kuru Çiçek Verimi (kg da⁻¹)

Kuru çiçek verimi incelendiğinde çeşitler ortalamasınının 44.70-58.65 kg da⁻¹ aralığında olduğu görülmüştür (Çizelge 8). En yüksek kuru herba verimi Abrial çeşidinde (58.65 kg da⁻¹) saptanırken, en düşük kuru herba verimi ise Akmeşe ekotipinde (44.70 kg da⁻¹) görülmüş, bunu aynı istatistiki grupta yer alan Seguret çeşidi (47.78 kg da⁻¹) takip etmiştir. Yıl ortalaması 51.62-53.21 kg da⁻¹ aralığında bulunmuştur. İnteraksiyon incelendiğinde ise 37.37-67.26 kg da⁻¹ aralığında kuru herba verimi saptanmıştır. YılxÇeşit interaksiyonunda en yüksek kuru herba verimi 1. yıl Abrial çeşidinde (67.26 kg da⁻¹) görülmüş, bunu aynı istatistiki sıralandırma da yer alan Grosso çeşidi (66.68 kg da⁻¹) takip etmiştir.

Kuru çiçek verimi ile ilgili yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde farklı araştırmacılar (Karık ve ark.,2017; Kara ve Baydar, 2013 a) lavandin türlerinde kuru çiçek verimini 1. yıl sırasıyla, 31.5-251 kg da⁻¹ ve 45.9-108.3 kg da⁻¹; 2. yıl sırasıyla, 34-263 kg da⁻¹ ve 70.5-146.3 kg da⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasını aynı araştırmacılar sırasıyla 32.75-257 kg da⁻¹ ve 58.2-127.3 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. Yıl ortalamalarını ise sırasıyla 127.5-138.5 kg da⁻¹ ve 83.47-116.50 kg da⁻¹ aralıklarında saptamışlardır. Örnekleme sırasında saptan ayrılan çiçekler yapraklarından da ayrılmıştır. Genel olarak lavanta hasatlarında pek tercih edilmeyen bu yöntem, uçucu yağ miktarını ve yağın kalitesini etkileyeceğinden dolayı çalışmada yaprak örneklerinin yağ analizlerine karışmaması için ekarte edilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple kuru çiçek verimi diğer çalışmalardan benzer ve daha düşük saptanmıştır.

Uçucu Yağ Oran (%) ve Verimi (kg da⁻¹)

Uçucu yağ oranı ve verimine ilişkin her iki yılda elde edilen ve birleştirilmiş yılları içeren değerler Çizelge 8'de yer almaktadır. Uçucu yağ miktarında birleştirilmiş yıllar ortalaması % 6.35-10.26 aralığında bulunmuştur. En yüksek uçucu yağ miktarı %10,26 ile Grosso çeşidinde saptanmıştır. Bunu sırasıyla aynı istatistiki grupta yer

alan Seguret çeşidi (% 9.96) ve Akmeşe ekotipi (% 9.92) takip etmiştir. En düşük uçucu yağ miktarı %6,35 ile Abrial çeşidinde görülmüştür. Yıllar arasında önemli istatistiki fark görülmezken, uçucu yağ miktarı %8,84-9,40 aralığında değişmiştir. YılxÇeşit interaksiyonunda uçucu yağ miktarı % 6.03-10.83 aralığında değişmiştir. Çalışmalar incelendiğinde farklı araştırmacılar (Karık ve ark., 2017; Kara ve Baydar, 2013 b), Lavandin türlerinde ölçtükleri uçucu yağ miktarını 1. yıl sırasıyla, % 4.85-8.10 ve % 5.87-7.12; 2. yıl sırasıyla, % 5.27-8.25 ve %5.12-8.37 aralıklarında bulmuşlardır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasını aynı araştırmacılar sırasıyla % 5.07-8.17 ve % 5.50-7.75 olarak hesaplarken, yıl ortalamalarını ise sırasıyla % 5,42-5,55 ve % 5,82-5,92 aralıklarında saptamışlardır. Katar ve ark (2020) ve Renaud ve ark. (2001) yaptıkları çalışmalarda Lavandin türlerinde uçucu yağ miktarını sırasıyla % 5.63-7.80 ve %7.1-9.9 aralığında bulunmuştur. Yapılan çalışmadaki ekolojik koşulların iklimsel değerlerinin yüksek olması (sıcaklık ve nem) ve örneklemin sapsız kuru çiçekten yapılmış olması, uçucu yağ oranının diğer çalışmalardan benzer ve yüksek bulunmasını açıklar niteliktedir.

Uçucu yağ verimi incelendiğinde birleştirilmiş yıllar ortalamasının 3,68-5,95 kg da⁻¹ aralığında olduğu görülmüştür. En yüksek uçucu yağ verimi Grosso çeşidinde (5,95 kg da⁻¹) görülürken, en düşük Abrial (3,68 kg da⁻¹) çeşidinde görülmüştür. Yıl ortalaması 4,56-4,85 kg da⁻¹ aralığında bulunmuştur. YılxÇeşit interaksiyonu incelendiğinde uçucu yağ verimi 3,31-6,47 kg da⁻¹ aralığında saptanmıştır. İnteraksiyonda en yüksek uçucu yağ verimi 2. yıl Grosso çeşidinde (5,95 kg da⁻¹) görülmüş, en düşük ise 1. yıl Abrial çeşidinde görülmüştür. Bunu sırasıyla aynı istatistiki gruplandırmada yer alan ve 2. yıl hasatından elde edilen, Akmeşe ekotipi (3,68 kg da⁻¹), Abrial (4,05 kg da⁻¹) ve Seguret (4,06 kg da⁻¹) çeşitleri takip etmiştir.

Çizelge 8. Lavandin ekotip ve çeşitlerinde kuru çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi

Çeşit/ Ekotip	Kuru Çiçek Verimi (kg da ⁻¹)			Uçucu Yağ Oranı (%)			Uçucu Yağ Verimi (kg da ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Yıllar Ort.
Grosso	50.38 b	66.68 a	58.53 A	10.83	9.70	10.26 A	5.44 b	6.47 a	5.95 A
Abrial	50.05 bc	67.26 a	58.65 A	6.67	6.03	6.35 B	3.31 c	4.05 c	3.68 C
Akmeşe	52.03 b	37.37 d	44.70 B	9.97	9.87	9.92 A	5.20 b	3.68 c	4.44 B
Seguret	54.03 b	41.54 cd	47.78 B	10.16	9.77	9.96 A	5.48 b	4.06 c	4.77 B
Ort.	51.62	53.21		9.40	8.84		4.85	4.56	
LSD (%5)	Yıl:5.04 Çeşit:5.89 YılxÇeşit:10.09 Yıllar Ort:12.35 CV:10.25			Yıl:0.65 Çeşit:0.74 YılxÇeşit:1.30 Yıllar Ort:1.59 CV:7.60			Yıl:0.53 Çeşit:0.44 YılxÇeşit:1.06 Yıllar Ort:1.30 CV:11.96		

Çalışmalar incelendiğinde farklı araştırmacılar (Karık ve ark., 2017;Kara, 2011), Lavandin türlerinde saptadıkları uçucu yağ verimlerini 1. yıl sırasıyla, 2,95-19,48 l/da ve 2,70-7,70 l/da; 2. yıl sırasıyla, 3,28-21,11 l/da ve %3,63-12,28 l/da aralıklarında bulmuşlardır. Birleştirilmiş yıllar ortalamasını aynı araştırmacılar sırasıyla % 3,11-21,30 l/da ve 3,17-10,0 l/da olarak hesaplarken, yıl ortalamalarını ise sırasıyla 8,08-9,06 l/da ve 4,77-6,78 l/da aralıklarında saptamışlardır. Çalışmamızdaki uçucu yağ oranı diğer çalışmalara göre yüksek çıkmasına rağmen; uçucu yağ verimi kuru çiçek verimi üzerinden değerlendirildiği için uçucu yağ verimleri önceki çalışmalardan benzer ve düşük bulunmuştur.

Uçucu Yağ Bileşenleri (%)

Çukurova koşullarında farklı lavandin ekotip ve çeşitlerinin uçucu yağ bileşenleri Çizelge 9’da verilmiştir. Çalışmada incelenen uçucu yağların bileşenleri %91,03-99,95 oranlarında tespit edilmiş ve toplam 34 bileşen belirlenmiştir. İki yılın ortalama verileri birlikte incelendiğinde uçucu yağların ana bileşenlerini 1,8-cineol (%6,51-20,53), linalool (%24,62-34,68), camphor (%6,02,-18,87) endo-borneol (%3,42-20,21) ve linalyl asetat (%1,33-22,69) olduğu görülmüştür Lavanta uçucu yağı ile yapılan çalışmalarda ana bileşenleri Yang ve ark., (2010) linalyl asetat (%28,20), linalool (%17,10), 1,8-cineol (%7,23), caryophyllene (%6,85) ve bornyl asetat (%5,21); Bombarda ve ark., (2008) linalool (%28,7-33,6) ve linalyl asetat (%29,1-32,3), camphor (%6,8-7,7), 1,8-cineol (%5,4-7,4) ve terpinen-4-ol (%2,1-2,6) olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmalar, elde ettiğimiz uçucu yağ ana bileşenleri sonuçlarımız ile uyum içindedir.

Çizelge 9. Farklı lavandin ekotip ve çeşitlerinde uçucu yağ bileşenleri 2019-2020 (%)

Bileşenler	Rt	Grosso 1. Yıl	Grosso 2. Yıl	Abrial 1.Yıl	Abrial 2.Yıl	Akmeşe 1. Yıl	Akmeşe 2.Yıl	Seguret 1. Yıl	Seguret 2.Yıl
Camphene	7.208	0.60	0.26	0.53	0.43	1.03	0.53	0.45	0.39
β -Phellandrene	8.035	0.52	-	0.24	-	0.63	-	-	-
β -Pinene	8.134	1.50	0.43	0.62	0.15	1.81	0.36	0.40	0.10
3-Octanone	8.234	-	-	0.56	0.95	0.19	0.20	0.61	0.95
β -Myrcene	8.653	0.93	0.49	0.98	0.34	0.88	-	0.87	0.29
N-hexyl acetate	9.492	0.16	-	0.33	0.42	-	-	0.40	0.47
Limonene	10.041	1.43	0.48	2.30	0.62	3.82	0.51	1.59	0.48
1,8- cineol	10.144	14.75	11.02	9.26	12.58	17.16	20.53	6.51	8.93
Cis-β-Ocimene	10.425	0.53	-	1.10	-	2.30	-	1.01	-
β-trans-Ocimene	10.823	0.30	0.75	1.93	0.21	2.06	0.11	2.73	0.17
γ-Terpinene	11.213	0.27	-	0.20	-	-	0.10	-	-
Cis-Sabinene hydrate	11.540	0.59	-	0.21	-	0.57	-	-	-
Cis-Linalool oxide	12.095	-	0.24	-	3.29	-	5.41	-	4.67
Terpinolene	12.412	0.57	4.30	0.51	4.33	0.64	0.94	0.48	3.89
Linalool	13.045	24.62	34.68	33.49	27.62	31.16	28.77	34.49	26.69
Camphor	14.737	12.27	11.35	10.52	18.87	7.45	10.08	6.02	10.43
Endo-Borneol	15.727	3.55	3.42	5.18	4.36	19.61	20.21	8.26	11.92
Terpinen-4-ol	16.174	5.16	3.31	0.20	0.35	0.32	0.44	-	0.21
Crypton	16.534	-	-	0.42	0.95	0.60	0.61	0.30	0.83
α-Terpineol	16.758	2.77	-	3.16	-	1.65	-	2.85	-
Hexyl butyrate	16.914	0.50	0.16	0.59	0.41	0.35	0.23	0.65	0.59
Myrtenal	16.974	-	-	-	0.12	0.19	0.22	-	0.11
Isobornyl formate	18.335	0.22	-	0.32	0.28	0.27	1.10	0.31	0.64
Cuminaldehyde	18.833	-	-	0.25	0.42	0.27	0.23	0.20	0.32
Linalyl acetate	19.648	14.64	17.47	18.70	10.81	1.85	1.33	22.69	13.32
Lavandulyl acetate	21.169	4.64	4.88	2.90	2.99	0.33	0.49	2.90	2.86
Nerol acetate	24.245	0.42	0.55	0.57	0.74	-	0.12	0.56	0.66
Geranyl acetate	25.045	0.57	1.03	1.06	1.18	0.15	0.13	1.08	1.11
Caryophyllene	26.357	1.24	-	1.09	-	0.78	-	1.12	-
Trans-β-Farnesene	27.980	0.68	-	0.29	-	-	-	0.36	-
γ -Muurolene	30.123	0.49	0.10	0.19	-	0.31	-	-	-
Caryophyllene oxide	32.721	0.60	-	0.18	0.77	0.26	0.39	-	0.91
Tau-Cadinol	34.898	1.61	-	0.21	-	0.46	-	-	-
β-Bisabolene	36.487	1.44	-	1.89	-	1.05	-	2.45	-
Toplam		97.57	94.91	99.95	93.21	98.28	93.02	99.30	90.95

Araştırmamıza konu olan lavandin ekotip ve çeşitlerinin uçucu yağlarının bileşenlerinin sınıflandırdığımızda % 87,20-94,65 oranlarda monoterpenlerden ve % 0,16-3,95 oranında seskiterpenlerden oluştuğu belirlenmiştir (Çizelge 10). Monoterpen bileşikleri birinci yıldan ikinci yıla doğru Abrial, Akmeşe, Seguret'te azalış Grosso çeşitinde artış gözlenmiştir. Toplam seskiterpen oranı incelendiğinde de Abrial ve Seguret'te artış gözlemlenirken Grosso ve Akmeşe'de azalış olduğu görülmektedir.

Çizelge 10. Farklı lavandin ekotip ve çeşitlerinin uçucu yağ bileşen sınıfları (%)

Bileşen Sınıfları	Grosso		Abrial		Akmeşe		Seguret	
	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl
Monoterpen Hidrokarbonlar (MH)	6.65	6.70	8.40	6.22	13.35	2.76	7.53	5.42
Oksijenli Monoterpenler (OM)	84.20	87.95	85.80	83.49	80.79	88.84	85.88	81.78
Toplam Monoterpenler	90.85	94.65	94.20	89.71	94.14	91.60	93.41	87.20
Oksijenli Seskiterpenler (OS)	0.50	0.16	1.58	2.31	1.14	1.04	1.57	2.37
Seskiterpen Hidrokarbonlar (SH)	3.45	0.00	1.48	0.77	1.51	0.39	1.12	0.91
Toplam Seskiterpenler	3.95	0.16	3.06	3.09	2.64	1.42	2.68	3.29
Diğerleri (D)	2.61	0.10	2.37	0.00	1.35	0.00	2.81	0.00
Toplam	97.41	94.91	99.62	92.79	98.13	93.02	98.90	90.48

Çalışmamızda toplam monoterpen oranının %80.79-88.84 arasında değişen oranlarını oluşturan oksijenli monoterpenler, lavantanın önemli farmakolojik etkilerini sağlamalarının yanı sıra, duyuşsal olarak da hoş bir koku yaymalarına sebep olmaktadır (Aprotosoae et al., 2017). Bu nedenle kolonyaya imalatında *Lavandula intermedia* daha çok tercih edilmektedir. Çalışmamızda oksijenli monoterpenler içinde en yüksek oranlara sahip olan bileşenler, linalool ve linalyl asetat olurken, Akmeşe ekotipindeki düşük linalyl asetat (%1.33-1.85) yüksek orandaki endo berneol (%19.61-20.21) içeriği dikkat çekmiştir. Aslanca (2016) yaptığı çalışmasında Akmeşe ekotipinde linalyl asetatı %3.74 olarak saptamıştır. Farklı ekolojik koşulların (sıcaklık ve nem) etkisi ile aynı ekotipte farklı uçucu yağ içeriklerinin elde edilmesini açıklamaktadır.

Linalol ve linalyl asetat değerleri incelendiğinde birinci yıldan ikinci yıla doğru Abrial, Akmeşe ve Seguret'te azalış görülürken Grosso çeşitinde artış görülmüştür. Hassiotis ve ark. (2014) lavanta uçucu yağında linalool oranının azalması, hasat zamanı yağışlardan sonra oluşan sıcaklık düşüşünden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda ikinci yıl Haziran ayında birinci yıla oranla yüksek yağış ve düşük sıcaklık değerleri bu sonucu desteklemektedir. Diğer genotiplerin aksine Grosso çeşitinde görülen artış ise bu çeşitin farklı genotip ve iklim etkileşimlerinden kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir.

Daha önce farklı lokasyonlarda ve farklı zamanlarda yapılan Grosso, Abrial ve Seguret çeşitlerinin kullanıldığı çalışmalarda linalool ve linalyl asetat değerleri incelenmiştir. Grosso çeşitiyle yapılan çalışmalarda (Renaud et al., 2001) ve (Pistelli et al., 2017) çalışmamızla uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. (Détár et al., 2020). Farklı olarak linalool oranının yüksek (58.9-51.4), linalil oranını ise çok düşük (%3.4-5.3) bulmuşlardır. Abrial çeşiti ile yapılan çalışmalarda (Renaud et al. 2001; Usano-Aleman et al., 2011) ve çalışmamızda benzer sonuçlar elde edilirken, Karık ve ark. (2017), yüksek değerler elde etmişlerdir. Seguret çeşitinde ise (Karık ve

ark., 2017) standartların üzerinde bir linalool değeri elde etmişlerdir. Bu durum lavandin uçucu yağında genotip ve çevre uyumunun uçucu yağın içeriği üzerinde yüksek etkisi olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra Lavandin bitkisinde yapılan çalışmalar gösteriyor ki uçucu yağ oranı ile yağın kompozisyonu üzerinde kullanılan bitki materyallerinin kullanılan organları, distilasyon süresi, hasat edilen bitkinin kurutma şartları, depolanma süresi ve koşulları da etki etmektedir (Zheljazkov ve ark., 2013; Yılmaz, 2018; Soltanbeigi, 2020).

Çizelge 11’de uçucu yağın farmakopesi standartları ile çalışmamızda kullanılan ekotip ve çeşitlerin karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

Çizelge 11. Lavandin uçucu yağı için Avrupa Farmakopesi (Ph. Eur)’nin standartları ve çalışmamızdaki ekotip ve çeşitlerin karşılaştırılması (Pistelli ve ark., 2017)

Bileşikler	Ph. Eur (%)	Grosso 1.Yıl	Grosso 2.Yıl	Abrial 1. Yıl	Abrial 2.Yıl	Akmeşe 1.Yıl	Akmeşe 2.Yıl	Seguret 1.Yıl	Seguret 2.Yıl
Linalool	25–45	24.62	34.68	33.49	27.62	31.16	28.77	34.49	26.69
Linalyl asetat	25–46	14.64	17.47	18.70	10.81	1.85	1.33	22.69	13.32
1.8 Cineol	En fazla 2.5	14.75	11.02	9.26	12.58	17.16	20.53	6.51	8.93
Camphor	12–18	12.27	11.35	10.52	18.87	7.45	10.08	6.02	10.43

Lavandin uçucu yağında Avrupa Farmakopesi tarafından belirlenen standartlara göre linalool ve linalyl asetat %25-46 aralığında. 1.8-cineol oranı en fazla %2.5 ve camphor oranı ise %12-8 arasında bulunmalıdır (Pistelli ve ark., 2017). Çalışmamızda kullandığımız lavandin genotip ve çeşitlerinin linalool oranları belirtilen sınırlar içerisindeyken; linalyl asetat oranı belirtilen sınırların altındadır. 1.8 cineol oranı en yüksek sınır olan %2.5 değerinin çok üzerindeyken; camphor oranı sınırın altında veya sınırdadır (Çizelge 10). Ayrıca parfümeri sanayinde kullanılacak lavanta yağının linalyl asetat oranının en az % 35 olması istenmektedir (Karık ve ark.,2017). Bu standartlar göz önünde bulundurulduğunda çalışmamızı yürüttüğümüz çevre koşullarında, kullandığımız lavandin ekotip ve çeşitlerinin farmakolojik çalışmalarda ve parfüm yapımında kullanılamayacağını görülmektedir.

Sonuç

Çukurova koşullarında bazı lavanta ekotip ve çeşitlerinin (Grosso, Abrial, Seguret, Akmeşe) verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2018-2020 yılları arasında yürütülmüştür. Farklı sektörler için uçucu yağ yetiştirmek isteyen üreticiler için önemli olan unsur bitkinin verim ve uçucu yağ içeriğinin birlikte değerlendirilmesidir. Çalışmamızda kuru çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi değerleri incelendiğinde Grosso çeşiti öne çıkmaktadır. Lavandin çeşitleri uçucu yağ içeriğinin Avrupa Farmakopesinin ilaç ve parfüm yapımı için belirlediği standartları sağlayamamasına karşın, çalışmamızda kullandığımız bütün genotipler linalool ve linalyl asetat içerikleri sebebiyle temizlik ve kişisel bakım ürünlerinde kullanılabilirler (Lafhal ve ark., 2020). Herraiz-Peñalver ve ark., (2013) Çukurova gibi alçak rakımların (0-500 m) lavanta uçucu

yağındaki camphor oranını arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda yakaladığımız yüksek camphor oranları (% 6.02-18.80) bu ekotip ve çeşitlerin farklı ürünlerin antiseptik, antifungal ve antibakteriyel içeriğini arttırmak için üretilebileceğini göstermiştir (Woronuk ve ark., 2011). Aynı zamanda camphor oranı yüksek uçucu yağlar aromaterapide masaj yağı olarak, erkek parfümerisinde ve inhalasyonda uyarıcı olarak kullanılabilir. (Kaloustian ve ark., 2000). Bu nedenlerle lavandin çeşitlerinin Çukurova koşullarında yetiştirilebileceği ve kuru çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi değerleri bakımından da Grosso çeşidinin önerilebileceği belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu araştırma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje no: FYL-2019-11699). Yazarlar finansal destek için teşekkür eder. 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.

Kaynaklar

- Anonim, 2018. VI. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğü Sarıçam iklim verileri (Yayınlanmamış kayıtlar), Adana.
- Anonim, 2019. VI. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğü Sarıçam iklim verileri (Yayınlanmamış kayıtlar), Adana.
- Anonim, 2020. VI. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğü Sarıçam iklim verileri (Yayınlanmamış kayıtlar), Adana.
- Akgül, D. T., Göğüş, N., Şelale, G. ve Akcan, T. 2019. Yenilebilir Çiçek: Lavanta. 4th International Anatolian Agriculture Food Environment and Biology Congress April 2019 Afyonkarahisar Turkey, p:723-727.
- Aprotosoie, A. C., Gille, E., Trifan, A., Luca, V. S. and Miron, A. 2017. Essential oils of *Lavandula* genus: a systematic review of their chemistry. *Phytochemistry Reviews*, 16(4): 761–799.
- Aslancan, H. 2016. Bazı lavanta (*Lavandula x intermedia* Emeric *Ex loisel.*) ekotip ve çeşitlerinin ısparta koşullarında tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarla Bitkileri ABD.
- Atalay, A.T., 2008. The effect on yield and quality characters of organic and inorganic fertilisers applied different doses on Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) grown in Konya ecological contitions, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Tarla Bitkileri ABD.
- Basch, E., Foppa I., Liebowitz, R., Nelson J., Smith M., David, S. and Ulbricht, C. 2004. Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). *J. Herb Pharmacother*, 4(2):63-78.

- Bombarda, I., Dupuy, N., Van Da, J. P. L. and Gaydou, E. M. 2008. Comparative chemometric analyses of geographic origins and compositions of lavandin var. Grosso essential oils by mid infrared spectroscopy and gas Chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 613(1):31–39.
- Détár, E. Zámoriné, E., Beáta, N., Demján, G. I. and Pluhár, Z. 2020. Effects of variety and growth year on the essential oil properties of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and Lavandin (*Lavandula x Intermedia* Emeric Ex Loisel.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 90:104020.
- Erbas, S., Kucukyumuk, Z., Baydar, H., Erdal, I. and Sanli, A. 2017. Effects of different phosphorus doses on nutrient concentrations as well as yield and quality characteristics of Lavandin (*Lavandula x Intermedia* Emeric Ex Loisel. Var. Super). *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1):32–38.
- Guler, K. H. and Korkmaz, M. 2018. Economic analysis of Lavender production in forest villages of Isparta province. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(2):156–62.
- Hassiotis, C.N., Ntana, F., Lazari, D.M., Poulis, S. and Vlachonassios, K. E. 2014. Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. *Industrial crops and products*, 62:359-366.
- Herraiz-Peñalver, D., Cases, M. Á., Varela, F., Navarrete, P., Sánchez-Vioque, R. and Usano-Alemany, J. 2013. Chemical characterization of *Lavandula latifolia* Medik. essential oil from Spanish wild populations. *Biochemical Systematics and Ecology*, 46: 59–68.
- Kaloustian, J., Pauli, A. M. and Pastor, J. 2000. Evolution of camphor and others components in the essential oils of two labiate species during the biological cycle, *J. Analisis*, 28(4): 308–315.
- Kara, N. 2011. Uçucu yağ üretimine uygun lavanta (*Lavandula sp.*) çeşitlerinin belirlenmesi ve mikroçoğaltım olanaklarının araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarla Bitkileri ABD.
- Kara, N. and Baydar H. 2013 a. Determination of Lavender and Lavandin cultivars (*Lavandula Sp.*) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1):58–65.
- Kara, N. ve Baydar H. 2013 b. Lavantanın uçucu yağ oranı ve kalitesine distilasyon suyuna eklenen katkı maddelerinin etkisi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2):52–58.
- Karık, Ü., Çiçek, F. ve Çınar, O. 2017. Menemen ekolojik koşullarında Lavanta (*lavandula spp.*) tür ve çeşitlerinin morfolojik verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(1):17-28.
- Katar, D., Can, M. ve Katar, N. 2020. Farklı lokasyonların Lavandin (*Lavandula x Intermedia* Emeric Ex Loisel.)’de uçucu yağ oranı ve kimyasal kompozisyonu üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3): 546-553.
- Lafhal, S., Bombarda, I., Dupuy, N., Jean, M., Ruiz, K., Vanloot, P. and Vanthuyne, N. 2020. Chiroptical fingerprints to characterize lavender and lavandin essential oils. *Journal of Chromatography A*. 1610: 460568.

- López, V., Nielsen, B., Solas, M., Ramírez, M.J. and Jäger, A.K., 2017. Exploring pharmacological mechanisms of lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil on central nervous system targets. *Frontiers in pharmacology*, 8:1-8.
- Özdemirel, F. ve Kaçar, O. 2021. Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen farklı kökenli çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerinin tarımsal özelliklerinin ve sabit yağ oranlarının belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(1):13-31.
- Pistelli, L., Najar, B., Giovanelli, S., Lorenzini, L., Tavarini, S. and Angelini, L. G. 2017. Agronomic and phytochemical evaluation of Lavandin and Lavender cultivars cultivated in the Tyrrhenian area of Tuscany (Italy). *Industrial Crops and Products*, 109:37-44.
- Renaud, E. N. C., Charles, D. J. and Simon, J. E. 2001. Essential oil quantity and composition from 10 cultivars of organically grown Lavender and Lavandin, *Journal of Essential Oil Research*, 13(4):269–73.
- Soltanbeigi, A. 2020. Qualitative variations of Lavandin essential oil under various storage conditions, *Journal of Essential Oil-Bearing Plant.*, 23(6): 1237-1252.
- Sugawara, Y., Hara, C., Tamura, K., Fujii, T., Nakamura, K.I., Masujima, T. and Aoki, T., 1998. Sedative effect on humans of inhalation of essential oil of linalool: Sensory evaluation and physiological measurements using optically active linalools. *Analytica Chimica Acta*, 365(1-3):293-299.
- Usano-Aleman, J., Peñalver, D. H., Ortiz, J. C., De López, B. B., Ruiz, O. S. and Palá-Paúl, J. 2011. Ecological production of Lavenders in Cuenca province (Spain), a Study of yield production and quality of the essential oils. *Botanica Complutensis*, 35: 147-152.
- Wichtl, M. 1971. Die pharmakogostich-chemisehe Untersuchung und Wertbestimmung von Drogen und galenischen Präparaten, *Methoden der Analyse in der Chemie Band, 12*. Frankfurt and Main.
- Woronuk, G., Demissie, Z., Rheault, M. and Mahmoud, S. 2011. Biosynthesis and therapeutic properties of lavandula essential oil constituents. *Planta Medica*, 77(1): 7-15.
- Yang, S. A., Jeon, S. K., Lee, E. J., Shim, C. H. and Lee, I. S. 2010. Comparative study of the chemical composition and antioxidant activity of six essential oils and their components. *Natural Product Research*, 24(2):140-51.
- Yilmaz, M. A. 2018. Essential oil composition of Lavandin (*Lavandula x intermedia*) cultivated in Bismil-Turkey. *Academic Perspective Procedia*, 1(1): 1120-1125.
- Zheljzakov, V. D., Cantrell, C. L., Astatkie, T. and Jeliaskova, E. 2013. Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. *Journal of Oleo Science*, 62(4): 195-199.



Çavdarın Yem Bitkisi Olarak Arpa ve Tritikale İle Karşılaştırılması; Ot Verimi ve Kalitesinin Biçim Dönemine Bağlı Değişimi^A

Bekir BULUT¹, Uğur BAŞARAN^{1*}

Öz: Bu çalışmada çavdar (*Secale cereale* L.)'ın kaba yem olarak farklı olum dönemlerinde verim ve besleme değeri incelenmiş ve bu amaçla yerel popülasyonlardan ve çeşitten "Aslım -95" oluşan 10 çavdar genotipi ile kontrol olarak birer tritikale ve arpa çeşidi kullanılmıştır. Deneme 2018-2019 ve 2019-2020 yetiştirme sezonlarında Yozgat-Sorgun'da çiftçi arazinde bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Bitkilerde başaklanma öncesi (BÖ), tam çiçeklenme (TÇ) ve döllenme sonrası (DS) olmak üzere 3 farklı zamanda bitki boyu, kuru ot verimi, ham protein oranı ve Nispi Yem Değeri (NYD) araştırılmıştır. İncelen özellikler üzerinde genotip, yıl ve biçim zamanı çok önemli ($p<0.01$) olmuştur. Bütün bitkilerde biçim zamanına bağlı olarak bitki boyu, kuru ot verimi artarken, ham protein ve NYD azalmıştır. Birleştirilmiş yıllar dikkate alındığında; çavdarın kuru ot verimi, genotipe bağlı olarak bütün dönemlerde arpa ve tritikaleden üstün olmuştur. Ancak biçim zamanını geciktikçe çavdarda ham protein oranı ve NYD kaybı arpa ve tritikaleden daha fazla olmuştur. Buna göre, üç türde de, özellikle çavdarda ot hasadının TÇ döneminde yapılmasının uygun olacağı görülmüştür. Nitekim iki yıllık ortalama sonuçlara göre; TÇ döneminde kuru ot verimi arpada 10.40 t ha⁻¹, tritikalede 9.99 t ha⁻¹ iken Sorgun1 popülasyonunda 12.95 t ha⁻¹ seviyesine kadar çıkmıştır. TÇ döneminde ham protein içeriği bakımından Sorgun1 popülasyonu (% 14.92) arpa (%14.14) ve tritikale (% 14.55) ile benzer hatta göreceli olarak daha yüksek bir değere sahip olmuştur. Aynı dönemde ortalama NYD bakımından çavdar 75.51 (Çekerek) – 87.63 (Sorgun1) arasında değişen değerlerle arpa (102.22) ve tritikalenin (97.95) gerisinde yer

^A Makale Bekir BULUT'un Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Uğur BAŞARAN, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat- Türkiye, ugur.basaran@bozok.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6644-5892](https://orcid.org/0000-0002-6644-5892).

¹ Bekir BULUT, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat-Türkiye, bekirbulut2@gmail.com, [OrcID 0000-0002-5744-4361](https://orcid.org/0000-0002-5744-4361)

almıştır. Bu sonuçlar çavdarın kaba yem olarak, önemli bir potansiyele sahip olduğunu, olgunlaşmayla birlikte kalitesinin hızlı bir şekilde düştüğünü ve ot hasadının TÇ veya kalite açısından daha öncesinde yapılabileceğini göstermemiştir. İncelenen çavdarlar arasında da Sorgun1 popülasyonu verim ve kalitesiyle öne çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çavdar, popülasyon, ot verimi, ham protein, NYD.

Comparison of Rye with Barley and Triticale as Forage Crop; Variation of Hay Yield and Quality Depending on Harvest stage

Abstract: To examine the yield and feeding value of forage rye (*Secale cereale* L.) at different maturity stages, 10 rye genotypes consisting of local populations and one variety "Aslım-95" were used, and a triticale and barley as control. The experiment was carried out in a split plots design with 3 replications in Yozgat-Sorgun in the 2019 and 2020. Plant height, hay yield, crude protein ratio and Relative Feed Value (RFV) were investigated at pre-heading (PH), full flowering (FF) and post-fertilization (PF). Genotype, year and cutting stage were important ($p < 0.01$) on the examined traits. While plant height and hay yield increased, crude protein and RFV decreased in all plants depending on harvest stage. In combined years, the hay yield of rye was superior to the barley and triticale at all stages. However, as the cutting was delayed, the crude protein ratio and RFV loss in rye were higher than in barley and triticale. Accordingly, it would be appropriate to harvest three species at the FF stage, but especially rye. According to the two-year average results; while hay yield was 10.40 t ha^{-1} in barley and 9.99 t ha^{-1} in triticale at the FF stage, it increased up to 12.95 t ha^{-1} in Sorgun1 population. In Sorgun1 population (14.92%) had a similar or even relatively higher value with barley (14.14%) and triticale (14.55%) in terms of crude protein content in the FF stage. In the same period, rye was behind barley (102.22) and triticale (97.95) with values ranging from 75.51 (Cekerek) to 87.63 (Sorgun1) in terms of average RFV. These results showed that rye has an important potential in terms of roughage production, depending on the genotype, the quality of grass decreases rapidly with maturation, therefore, harvest can be done earlier of FF in terms of quality. Additionally, the Sorgun1 population among the examined ryes was determined to be promising for breeding studies with its yield and quality.

Keywords: Rye, population, hay yield, crude protein, NYD.

Giriş

Son yıllarda iklimde yaşanan sorunlar, sulama imkanlarında ki daralmalar, enerji, gübre tohum gibi girdi maliyetlerindeki yükselişler tarımın hemen her dalında üretimi sınırlamakta ve gıda arz güvenliğini tehdit etmektedir. Bu durumun sonuçları bitkisel üretim de olduğu kadar hayvansal üretimde de görülmektedir.

Hayvansal üretim biyolojik ve ekonomik bakımdan bitkisel üretime bağlıdır. Hayvansal üretimde sektöre göre değişmekle birlikte yem maliyetleri toplam maliyetlerin yaklaşık %70'ine kadar çıkabilmektedir. Besicilikte ise bu değer hayvan satın alma bedeli hariç tutulduğunda yaklaşık %70-90 seviyesine ulaşmaktadır (Ertuğrul, 1997). Nitekim özellikle Türkiye'de hayvansal üretimin en büyük sorunu ve yüksek ürün fiyatlarının nedeni olarak yeterli miktar ve kalitede yemin üretilmemesi gösterilmektedir. Üretiminin ihtiyacı karşılama piyasada yem fiyatlarının ve maliyetlerin artmasına neden olmakta dolayısıyla hayvansal ürün fiyatlarında da artışa yol açmaktadır. Diğer taraftan var olan açık ithalat yoluyla karşılanmaya çalışılmaktadır. Son yıllarda dünya genelinde tarımsal enflasyonun artması ve kur değişimleri Türkiye'de maliyelerde öngörülemez artışlara neden olmuş ve hem üretici için hem de tüketici için ağır ekonomik sonuçlar doğurmuştur. Bu Çizelge ülkemizde hayvancılığın yem girdisi özelinde derin ve ciddi bir krizde olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu koşulların gelecek için çok büyük riskler içerdiği, sürdürülemez olduğu ve halkımızın en temel gıdalar arasında yer alan hayvansal ürünlere ulaşımını kısıtlayacağı açıktır. Mevcut durum sektörün bütün taraflarını dolayısıyla bilim dünyasını da yeni arayışlara itmektir. Sorunun köklü çözümü nihayetinde yem üretimin artırılmasıyla çözülecektir. Ancak üretim alanlarının sınırlı olması, iklimde yaşanan sorunlar ve üretim maliyetlerindeki artışlar verim kadar verimlilik kavramını da ön plana çıkarmaktadır ve var olan bütün kaynakların etkin bir şekilde kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Bu nedenle son yıllarda yüksek verimli ancak girdi maliyetleri yüksek modern çeşitlerin yanında farklı toprak ve iklim koşullarına uyum yeteneği yüksek, girdi maliyetleri düşük çeşit ve türlere olan ilgi giderek artmaktadır. Bu tanıma uygun bitkilerin başında da küçük taneli tahıllar gelmektedir. Türkiye'de değişik miktarlarda arpa, yulaf, tritikale, çavdar ve buğdayın kaba ve tane yem amaçlı yetiştirildiğini veya kullanıldığını biliyoruz. Ancak bu miktarın daha da arttırılması hem mümkündür hem de ülkemizin koşullarıyla uyumludur (Çıfci ve Doğan, 2017; Gökkuş ve ark., 2017). Anadolu'nun kadim bitkilerinden olan ve birçok bölgemizde unutulmaya yüz turmuş çavdarın bu kapsamda farklı bir önemi bulunmaktadır. Küçük tohumlu tahıllar içinde çavdar iklim ve toprak istekleri girdi maliyetleri ve erkenciliği ile diğer tahıllardan üstündür. Orta Anadolu koşullarında yüksek sıcaklık, kuraklık altında ve element noksanlığı, özellikle çinko noksanlığı altında en iyi performansı gösteren tahıldır (Çakmak ve ark., 1998; Ekiz ve ark., 1998). Olumsuz toprak koşullarına, soğuğa ve yüksek rakıma buğday ve arpadan daha dayanıklıdır (Wettberg ve ark., 2021). Zor koşullardaki tatminkar verimi yanında sulama ve gübrelemeye karşı da oldukça iyi tepki vermektedir. Ergot dışındaki birçok fungal hastalığa toleransı iyi düzeydedir (Miedaner ve ark., 2021; Tsers ve ark., 2021) ve çok sayıda yabancı ota karşıda allelopatik etki göstermektedir (Smith ve ark., 2017). Çavdar otlamaya da uygun bir tahıldır ve buğdaya kıyasla erken ilkbaharda, besleme değeri daha düşük olmakla birlikte, daha yüksek biokütle sağlar (Phillips ve ark., 2021). Son yıllarda ABD'de de yem amaçlı çavdar yetiştiriciliği artış göstermektedir (Kim ve ark., 2017). Benzer şekilde geliştirilen yüksek verimli hibrid çeşitler sayesinde Avrupa'da da özellikle Almanya ve Polonya'da çavdar üretiminde artış görülmektedir. Türkiye'de de diğer tahıl veya yem bitkisi cinslerinin tatminkâr ürün veremediği koşullarda çavdarın kullanılması ülkede derinleşmiş yem bitkisi sorununun çözümüne önemli katkılar sunabilir.

Ancak ülkemizde çavdarın yem bitkisi olarak kullanımı konusundaki çalışmaların çok az sayıda olduğunu görmekteyiz. Türkiye'de çavdar ıslahı konusunda da ki çalışmalar çok yetersizdir ve yem amaçlı ıslah edilmiş

çavdar çeşidi bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut çalışmada Türkiye kökenli yerel Çavdar popülasyonlarının Yozgat koşullarında kaba yem verim ve kalitelerinin ve bu değerlerin biçim zamanına bağlı değişimleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada bitki materyali olarak bir çeşit “Aslım-95” ve dokuz popülasyondan oluşan 10 adet çavdar genotipi ve karşılaştırma amacıyla, bir arpa “Aydan Hanım” bir de tritikale “Karma-2000” çeşidi kullanılmıştır (Çizelge 1).

Araştırma 2018-19 ve 2019-20 vejetasyon dönemlerinde Yozgat’ın Sorgun ilçesi Osmaniye köyü mevkiinde iki ayrı tarlada yürütülmüştür. Deneme alanının çalışmanın yürütüldüğü 2018-19 ve 2019-20 yılları ve uzun yıllarda vejetasyon dönemine ait iklim verileri Yozgat Meteoroloji Genel Müdürlüğünden sağlanmış olup Çizelge 2’ de gösterilmiştir. Deneme alanlarından 0-30 cm derinlikten alınan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir

Çizelge 1. Denemede kullanılan türlere ait çeşit ve popülasyonlar

Bitki materyali	Alındığı yer	
Çavdar genotipleri	Sorgun1	Gülşehir Kasabası/Sorgun
	Sorgun2	Araplı Kasabası/Sorgun
	Akdağ1	Eynelli Köyü/Akdağmadeni
	Akdağ2	Üçkaraağaç Köyü/Akdağmadeni
	Çekerek	Cemaloğlu Köyü/Çekerek
	Kadışehir	Ovacık Köyü/Kadışehir
	Yerköy	Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi
	Bayburt	Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi
	Yozgat	Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi
	Aslım-95 [†]	Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tritikale [†]	“Karma-2000”	
Arpa [†]	“Aydan Hanım”	

†: Çeşit

Çizelge 2. Sorgun ilçesinin 2019, 2020 yılları ve uzun yıllara (2010-2020) ait iklim verileri

Aylar	2019			2020			2010-2020	
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Ekim	36.8	12.8	65.6	7	14.2	58.3	22.9	12.3
Kasım	17	6.8	70.2	21.8	7	59.6	29.9	5.9
Aralık	81.6	2	82.6	49.2	2.9	79.7	33.6	-0.7
Ocak	70.2	-0.8	80.3	25	-0.5	75.8	59.5	-1.0
Şubat	30.2	2.7	73.2	73.6	0.9	75	21.9	2.8
Mart	15.2	4.3	62.0	24.6	6.3	65.7	47.3	6.0
Nisan	26.2	8.3	66.6	32.2	8.5	59.6	23.8	9.8
Mayıs	22.2	16.0	56.7	39	14.5	58.1	47.9	14.7
Haziran	79.8	20.0	63.0	89.6	18.1	58.5	50.1	18.7
Temmuz	14.4	19.5	56.2	3.8	22.1	52.6	8.0	21.1
Toplam	393.6	-	-	365.8	-	-	344.9	-
Ortalama	-	9.16	67.64	-	9.4	65.29	-	8.96

*:T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yozgat Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2020

Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı kurulmuştur. Ekim 13 cm sıra arası mesafe ile parseller 8 m uzunluğunda ve 18 sıra olacak şekilde mibzerle yapılmış ve 240 kg ha⁻¹ tohumluk kullanılmıştır. Parseller arası 20 cm, bloklar arası 1 m olacak şekilde boşluk bırakılmıştır. Ekim işlemi sırasında dekara 240 kg ha⁻¹ olacak şekilde DAP (18-46-0) gübresi verilmiştir. Üst gübreleme olarak ilkbaharda dekara 120 kg ha⁻¹ üre (%46) kullanılmıştır. Denemede sulama ve yabancı ot mücadelesi yapılmamıştır. Bitkiler üç ayrı dönemde; (I) başaklanma öncesi, (II) tam çiçeklenme ve (III) dölleme sonrasında hasat edilmiştir. Ekim ve biçim işlemlerinin farklı yıllarda yapıldıkları tarihler Çizelge 4’de görülmektedir.

Çizelge 3. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Tahsil Değeri		Derecesi	
	2019	2020	2019	2020
% Doygunluk	37.40	39.60	Tınlı	Tınlı
Ph	8.14	7.98	Alkali	Alkali
% Kireç (CaCO ₃)	7.12	18.51	Orta	Fazla
% Toplam Tuz	0.013	0.023	Tuzsuz	Tuzsuz
P ₂ O ₅ (kg/da)	8.89	10.54	Orta	Orta
K ₂ O (kg/da)	45.17	49.69	Yüksek	Yüksek
N(Azot)	0.174	0.123	Zengin	İyi
% Organik Madde	3.49	2.45	Yüksek	Orta

Çizelge 4. 2018-2019 ve 2019-2020 yılları deneme alanlarında yapılan işlemler

İşlemler	Yıllar	
	2019	2020
Ekim	13.11.2018	16.11.2019
Üst Gübreleme	02.04.2019	10.04.2020
1. Biçim (başaklanma öncesi)	05.05.2019	19.05.2020
2. Biçim (tam çiçeklenme)	15.05.2019	28.05.2020
3. Biçim (döllenme sonrası)	23.05.2019	09.06.2020

Denemede her üç biçim döneminde olmak üzere bitki boyu, kuru ot verimi, ham protein ve NYD için ADF ve NDF oranları belirlenmiştir. Ham protein, ADF ve NDF oranları 65 °C’de sabit ağırlığa kadar kurtulup 1 mm elek çapına sahip değirmen ile öğütülerek numunelerde NIR (Foss, 6500 Win ISI II v1.5) cihazı ile IC-0904FE kalibrasyon programı kullanılarak belirlenmiştir. Nispi Yem Değeri (NYD) ise ADF ve NDF kullanılarak formül yardımıyla hesaplanmıştır (Rohweder ve ark., 1978).

Varyans analizi sonucunda yıl etkisi önemli olmuş, bunun yanında biçim zamanının etkisi de ayrı ve birleştirilmiş yıllarda önemli bulunmuştur. Bu nedenle yıllar ve o yıla ait biçim dönemleri ayrı ayrı incelenmiştir. Bununla birlikte, biçim zamanları birleştirilmiş yıllarda da ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Araştırmadan elde edilen verilerin analizi SPSS 13.0 paket programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalara ait farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada kaba yem olarak Çavdar, Arpa ve Tritikale türlerine ait çeşit ve popülasyonlardan oluşan 12 adet genotipin farklı yıl ve biçim zamanlarındaki gelişmeleri, verim ve kaliteleri, incelenmiştir. özellikler başaklanma öncesi (BÖ), tam çiçeklenme (TÇ) ve döllenme sonrası (DS) olmak üzere üç farklı dönemde incelenmiştir. Seçilen bu dönemler arasında küçük taneli tahıllarda önemli düzeyde morfojik ve fizyolojik değişim yaşanmakta, bu da verim ve kimyasal içeriğe yansımaktadır (Çaçan ve Kökten, 2019).

Çalışmada incelenen 12 adet genotipin farklı yıl ve biçim zamanlarına ait bitki boyu değerleri Çizelge 5’de, birleştirilmiş yıllara ait ortalama bitki boyları ise Şekil 1 de görülmektedir. Bitki boyu üzerinde yıl, biçim zamanı ve yıllara ait biçim zamanları ayrı ayrı incelendiğinde ise genotip etkisi önemli ($p<0.01$) olmuştur. Bitkilere ait ortalama bitki boyu 2020 yılında daha yüksek olmuş ve her iki yılda da biçim zamanına bağlı olarak artmıştır (Çizelge 5). Başaklanma öncesi (BÖ) dönemde 2019 yılında en yüksek bitki boyu tritikalede (86.50 cm) ölçülmüş ve bunu arpa (77.50 cm) takip etmiştir. Bu dönemde bitki boyu bakımından çavdar daha geride yer almış ve en düşük değer Yerköy popülasyonunda (56.50) belirlenmiştir. 2020 yılına gelindiğinde ise BÖ dönemde bitki boyu en düşük arpada (74.50 cm) ve daha sonra tritikalede (81.00 cm) belirlenirken çavdarın Yerköy popülasyonunda 103.00 cm gibi yüksek bir değere ulaşmıştır. Tam çiçeklenme (TÇ) döneminde en düşük bitki boyu 2019 yılında arpa ve tritikalede (89.50 ve 93.50 cm), 2020 yılında ise arpada (86.00 cm)

belirlenmiştir. Benzer şekilde arpa döllenme sonrası (DS) dönemde de her iki yıl en düşük bitki boyuna (96.50 ve 91.00 cm) sahip olmuştur. Buna göre TÇ ve DS dönemde bitki boyu bakımından çavdar her iki yılda da arpa ve tritikaleden daha üstün olmuştur.

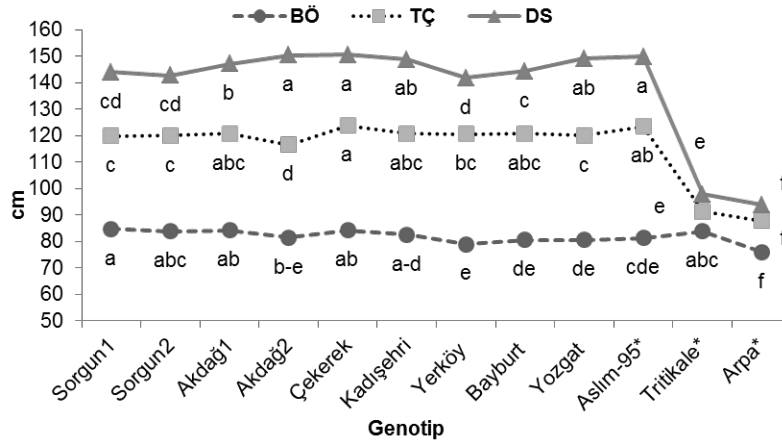
Çizelge 5. İncelenen genotiplerin farklı yıl ve biçim zamanlarına ait bitki boyları (cm)

İşlemler**	2019 B**			2020 A			
	BÖ	TÇ	DS	BÖ	TÇ	DS	
Çavdar genotipleri	Sorgun1	66.50 cd	118.50 de	147.00 b	103.00 a	121.00 ab	141.00 e
	Sorgun2	66.50 cd	121.00 bcd	144.00 c	101.00 ab	119.00 bcd	141.50 e
	Akdağ1	68.50 c	124.00 abc	148.00 ab	100.00 bc	117.50 cd	146.00 cd
	Akdağ2	65.50 cde	116.00 e	150.00 a	97.50 cd	117.00 d	150.50 a
	Çekerek	66.50 cd	126.50 a	150.50 a	102.00 ab	121.00 ab	150.50 a
	Kadışehri	67.50 c	122.50 a-d	150.00 a	97.50 cd	119.00 bcd	147.50 bc
	Yerköy	56.50 f	120.00 cde	140.00 d	101.50 ab	121.00 ab	143.50 de
	Bayburt	60.50 ef	119.50 cde	147.00 b	100.50 ab	122.00 a	141.50 e
	Yozgat	64.00 cde	120.50 b-e	150.00 a	97.00 d	119.50 abc	148.00 abc
	Aslım-95†	62.00 de	125.00 ab	150.00 a	100.50 ab	122.00 a	149.50 ab
Tritikale†	86.50 a	93.50 f	101.50 e	81.00 e	89.00 e	94.00 f	
Arpa†	77.50 b	89.50 f	96.50 f	74.50 f	86.00 f	91.00 g	
Ortalama	67.33 C	116.38 B	139.54 A	97.0 C	114.5 B	137.04 A	

†: Çeşit, **:p<0.01, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (p<0.05). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası.

Birleştirilmiş yıllara ait sonuçlar bitki boyunun tüm genotiplerde ve özellikle çavdarda biçim dönemine bağlı olarak arttığını göstermektedir (Şekil 1). İki yılın sonunda ortalama bitki boyu bakımından çavdar, BÖ dönemde arpadan, TÇ ve DS dönemde hem arpa hem de tritikaleden üstün olmuştur. Üç döneme ait değerlere göre birçok çavdar en yüksek grupta yer alırken özellikle Çekerek ve Kadışehri popülasyonları öne çıkmıştır.

Kuru ot verimi üzerinde de yıl ve biçim zamanı, yıllara ait biçim zamanları ayrı ayrı incelendiğinde ise genotipin etkisi önemli (p<0.01) bulunmuştur (Çizelge 6). Biçim zamanı ilerledikçe ortalama kuru ot verimi önemli düzeyde artmış, her iki yılda da en düşük BÖ dönemde (6.75 ve 11.74 t ha⁻¹), en yüksek DS dönemde (14.05 ve 16.03 t ha⁻¹) elde edilmiştir. 2019 yılında, BÖ dönemde kuru ot verimi genotipler arasında önemli düzeyde farklılık göstermiş ve en düşük çavdarın Yerköy popülasyonunda (5.21 t ha⁻¹) tespit edilmiş ve bunu Bayburt popülasyonu (5.53 t ha⁻¹) izlemiştir. Diğer bütün genotipler ise en yüksek grupta yer almışlardır. TÇ döneminde genotiplerin kuru ot verimleri benzer düzeyde olmuş ancak, DS dönemde önemli düzeyde farklılık göstermiştir. DS dönemde bakımından en yüksek kuru ot verimi Sorgun2 (16.76 t ha⁻¹) popülasyonunda belirlenmiş ve beraberinde bazı çavdarlar da en yüksek grupta yer almıştır. Bu dönemde en düşük kuru ot verimi arpada (11.50 t ha⁻¹) belirlenmiştir. 2020 yılında ise kuru ot verimi bakımından üç biçim döneminde de genotipin etkisi önemli olmuş ve tüm çavdarlar arpa ve tritikaleden daha yüksek verim sergilemişlerdir. Nitekim BÖ, TÇ ve DS dönemde, en yüksek kuru ot verimi sırasıyla 13.52 t ha⁻¹ (Aslım-95), 16.55 t ha⁻¹ (Sorgun2) ve 17.44 t ha⁻¹ (Aslım-95) çavdarda tespit edilmiştir. Üç dönemde de en düşük kuru ot verimine tritikale (8.06, 9.64 ve 14.25 t ha⁻¹) sahip olmuştur.



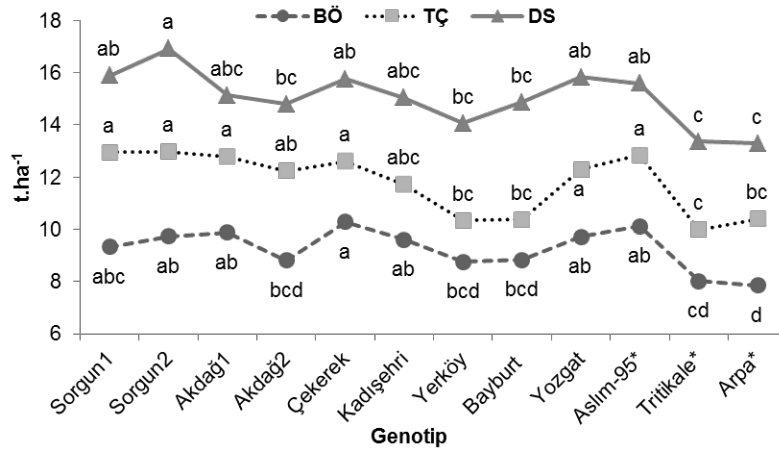
Şekil 1. İncelenen genotiplerin farklı biçim zamanlarında belirlenen birleştirilmiş yıllara ait ortalama bitki boyları (*: Çeşit, Aynı çizgide aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.05$)). (BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası).

İki yıllık ortalama sonuçlara göre, kuru ot verimi tüm genotiplerde biçim zamanına bağlı olarak artmış ve Çavdarda üç dönemde de arpa ve tritikaleden daha yüksek ot verimi tespit edilmiştir (Şekil 2). Çavdarlar arasında, kuru ot verimi bakımından istatistiksel olarak hiçbir popülasyon Aslım-95 çeşidinden üstün olmamakla birlikte, çok sayıda popülasyon (Sorgun1, Sorgun2, Akdağ1, Çekerek, Kadışehri ve Yozgat) benzer değerlere sahip olmuştur. Daha önce küçük taneli tahıllarda yapılan çalışmalarda kuru ot verimi arpada 6.40 t ha^{-1} (Çaçan ve Kökten, 2019), 6.47 t ha^{-1} (Göçmen ve Özasan Parlak, 2017) ve 4.57 t ha^{-1} (Ay ve Mut, 2017), buğdayda 7.77 t ha^{-1} (Çaçan ve Kökten, 2019), tritikalede 12.11 t ha^{-1} (Albayrak ve ark., 2006) ve 9.69 t ha^{-1} (Karadağ ve Büyükburç, 2004), çavdarda ise 5.73 t ha^{-1} (Erbaş Köse ve ark., 2019), 8.33 t ha^{-1} (Kır, 2022) olarak bildirilmiştir.

Çizelge 6. İncelenen genotiplerin farklı yıl ve biçim zamanlarına ait kuru ot verimleri (t ha^{-1})

İşlemler**	2019 B**			2020 A			
	BÖ	TÇ	DS	BÖ	TÇ	DS	
Çavdar genotipleri	Sorgun1	6.23 abc	10.78	15.61 ab	12.41 bcd	15.13 abc	16.16 bc
	Sorgun2	6.27 abc	9.39	16.76 a	13.20 abc	16.55 a	17.05 ab
	Akdağ1	7.90 a	10.57	14.75 abc	11.86 d	15.02 abc	15.49 c
	Akdağ2	7.24 abc	9.81	14.45 abc	10.37 e	14.66 bc	15.16 cd
	Çekerek	7.84 ab	10.60	15.64 ab	12.72 a-d	14.62 bc	15.89 c
	Kadışehri	7.50 abc	9.52	14.40 abc	11.70 d	13.91 cd	15.68 c
	Yerköy	5.21 c	8.27	12.53 bc	12.28 bcd	12.42 de	15.60 c
	Bayburt	5.53 bc	8.34	12.35 bc	12.13 cd	12.40 de	17.38 a
	Yozgat	6.08 abc	9.63	14.45 abc	13.36 ab	14.95 abc	17.18 ab
	Aslım-95 [†]	6.72 abc	9.43	13.73 abc	13.52 a	16.24 ab	17.44 a
Ortalama	Tritikale [†]	7.96 a	10.34	12.48 bc	8.06 g	9.64 f	14.25 d
	Arpa [†]	6.48 abc	8.72	11.50 c	9.23 f	12.07 e	15.07 cd
Ortalama	6.75 C	9.62 B	14.05 A	11.74 C	13.97 B	16.03 A	

†: Çeşit, **: $p < 0.01$, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.05$). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası.



Şekil 2. İncelenen genotiplerin farklı biçim zamanlarında belirlenen birleştirilmiş yıllara ait ortalama kuru ot verimleri (*: Çeşit, Aynı çizgide aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.05$). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası).

Bitki gelişim ve fenolojik dönemleri genetik faktörlere bağlı olmakla birlikte, hasat zamanı iklim ve bileşenlerinden önemli düzeyde etkilenmektedir (Acar ve ark., 2017; Numata ve ark., 2022). Bitkiler bazı yıllar iklim koşulları nedeniyle daha erken veya geç generatif döneme geçebilmekte bu da verim ve kalitelerinde yansımaktadır. Çalışmanın ikinci yılında, ele alınan bitkilerin gelişmesi için kritik aylar olan mart, nisan ve mayısta yağışlarının yüksek, sıcaklığın ise düşük olmasının bitkilerde çiçeklenmeyi dolayısıyla hasadı geciktirdiği, bitki boyu ve verimi artırdığı, buna karşın ham protein oranında düşmeye yol açtığı düşünülmektedir.

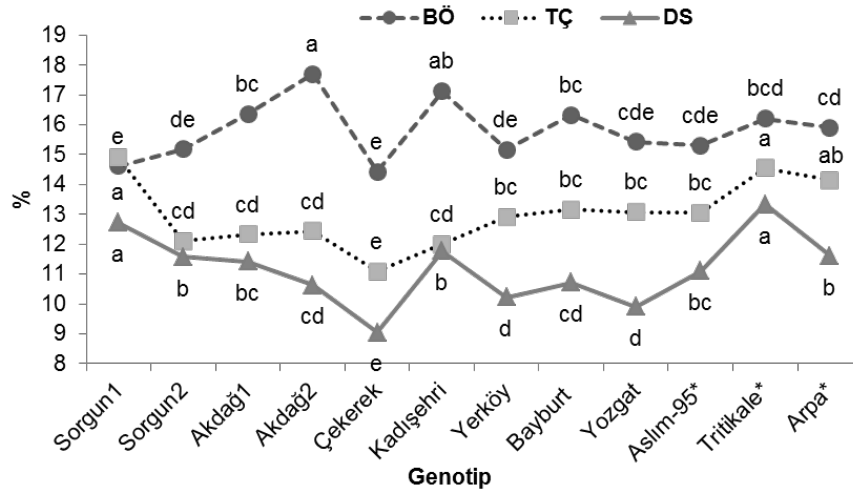
Kuru otun ham protein içeriği de yıl ve biçim zamanından önemli düzeyde ($p < 0.01$) etkilenmiştir (Çizelge 7). Ortalama ham protein oranı her iki yılda da biçim zamanı geciktikçe azalmıştır. Bununla birlikte, yıllara ait biçim zamanları ayrı ayrı incelendiğinde genotipler arasındaki farklılığın da önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmektedir. Ortalama ham protein oranı BÖ, TÇ ve DS dönemlerinde 2019 yılında sırasıyla % 18.77, 14.55 ve 12.59, 2020 yılında ise % 12.38, 11.17 ve 10.46 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın birinci yılında ve BÖ dönemde en yüksek ham protein oranı çavdarın Sorgun2 (% 20.01), Akdağ1 (% 21.40), Akdağ2 (% 21.40), Kadişehri (% 22.10) ve Bayburt (% 21.50) popülasyonlarında belirlenmiştir. En düşük ham protein oranı ise arpa (%16.70 t ha⁻¹) ve tritikale (% 17.70) ile birlikte çavdarın Sorgun1 ve Yerköy popülasyonlarında tespit edilmiştir. TÇ döneminde ise en düşük ham protein oranına Akdağ2 popülasyonu sahip olurken diğer incelenen bütün genotipler aynı grupta yer almışlardır. DS döneminde çavdarın Sorgun1 (% 13.60), Sorgun2 (% 14.00), ve Kadişehri (% 14.10) popülasyonları en yüksek grupta da yer almışlardır. Bununla birlikte DS dönemde en düşük ham protein oranı da yine çavdarda, Çekerek (% 9.80) ve Yozgat (% 9.90) popülasyonlarında belirlenmiştir. İkinci yılda, üç biçim döneminde de ham protein oranı bakımından her hangi bir çavdar arpa ve titikaleden üstün olmamış ancak, BÖ dönemde Akdağ2 (%13.99) ve Yerköy (% 13.02), TÇ döneminde Sorgun1 (% 13.34) popülasyonları bunlarla aynı grupta yer almışlardır. DS döneminde ise bütün çavdarlar arpa ve çavdardan önemli derecede düşük ham protein oranı sergilemişlerdir.

Çizelge 7. İncelenen genotiplerin farklı yıl ve biçim zamanlarına ait ham protein oranları (%)

İşlemler	2019 A**			2020 B			
	BÖ	TÇ	DS	BÖ	TÇ	DS	
Çavdar genotipleri	Sorgun1	17.20 c	16.50 a	13.60 ab	12.06 bcd	13.34 a	11.81 bc
	Sorgun2	20.10 ab	15.60 ab	14.00 a	10.24 d	8.63 cd	9.11 fg
	Akdağ1	21.40 a	14.20 ab	12.20 bc	11.35 cd	10.48 b	10.66 cde
	Akdağ2	21.40 a	13.50 b	11.40 cd	13.99 ab	11.40 b	9.85 def
	Çekerek	18.70 bc	14.00 ab	9.80 d	10.13 d	8.14 d	8.35 g
	Kadişehri	22.10 a	13.90 ab	14.10 a	12.12 bcd	10.04 bc	9.41 efg
	Yerköy	17.30 c	15.20 ab	10.40 cd	13.02 abc	10.66 b	10.02 def
	Bayburt	21.50 a	15.00 ab	12.10 bc	11.17 cd	11.34 b	9.36 efg
	Yozgat	18.80 bc	15.20 ab	9.90 d	12.03 bcd	10.99 b	9.92 def
	Aslım-95 [†]	18.00 bc	14.60 ab	11.30 cd	12.61 bc	11.48 b	10.96 cd
Tritikale [†]	17.70 c	15.30 ab	13.40 ab	14.77 a	13.80 a	13.26 a	
Arpa [†]	16.70 c	14.50 ab	10.50 cd	15.06 a	13.78 a	12.76 ab	
Ortalama	Ortalama	14.55 B	12.59 C	12.38 A	11.17 B	10.46 B	

†: Çeşit, **:p<0.01, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (p<0.05). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası.

Birleştirilmiş yıllarda da ham protein oranı bakımından genotipler arasındaki farklılık önemli (p<0.01) olmuştur (Şekil 3). Bununla birlikte bütün genotiplerde biçim zamanı ilerledikçe ham protein oranı azalmış ve azalma çavdarda daha fazla olmuştur. BÖ dönemde en yüksek ham protein içeriğine çavdar popülasyonları (Akdağ2 ve Kadişehri) sahip iken, TÇ ve DS dönemlerinde çavdarın bu üstünlüğünü kaybettiği, arpa ve tritikalenin öne çıktığı görülmüştür. TÇ döneminde ham protein içeriği bakımından arpa (% 14.14) ve tritikale (% 14.55) öne çıkmakla birlikte, Sorgun1 popülasyonu (% 14.92) bunlara benzer hatta göreceli olarak daha yüksek bir değere sahip olmuştur. Diğer taraftan, üç dönemde de en düşük ortalama ham protein oranı Çekerek popülasyonunda belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda çavdar otunun ham protein oranı % 12.48 (Erbaş Köse ve ark., 2019) ve % 8.5 (Kır 2022) olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Bizim sonuçlarımız önceki çalışmalarla uyum içinde olmakla birlikte özellikle verim ve ham protein bakımından yüksek değerler içermektedir. Çalışmalar arasındaki farklılıklar genetik ve ekolojik faktörler yanında hasat dönemi ve bakım işlemleri gibi bir çok nedene bağlanabilir.



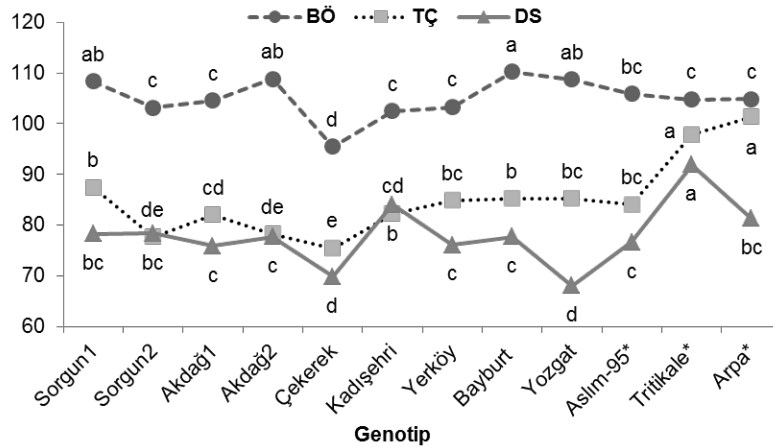
Şekil 3. İncelenen genotiplerin farklı biçim zamanlarında belirlenen birleştirilmiş yıllara ait ortalama ham protein oranları (*: Çeşit, Aynı çizgide aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.05$). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası).

Kuru otun nişpi yem değeri (NYD) de yıllar arasında önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklı ve 2019 yılında daha yüksek olmuştur. Birleştirilmiş yıllarda da her biçim zamanında genotipin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 8). Her iki yılda da biçim zamanı ilerledikçe NYD azalmış, en yüksek BÖ dönemde (120.67 ve 92.70), en düşük ise DS dönemde (77.87 ve 78.80) tespit edilmiştir. Gülümser ve Acar (2017), benzer şekilde arpa ve tritikalede biçim zamanı ilerledikçe NYD'nin azaldığını belirlemişlerdir. 2019 yılı verilerinde BÖ dönemde, en düşük değerin arpa (105.28) ve tritikalede (104.79), en yüksek değerin ise Bayburt popülasyonunda (145.93) olduğu görülmektedir. TÇ döneme gelindiğinde arpa ve tritikale çavdarın Sorgun1, Yerköy, Bayburt ve Yozgat popülasyonlarıyla en yüksek grupta yer almıştır. DS önemde ise en yüksek NYD tritikale ile Kadışehri popülasyonunda belirlenmiştir. 2020 yılına gelindiğinde, NYD bakımından arpa bütün dönemlerde, tritikale ise TÇ hariç diğer dönemlerde en yüksek grupta yer almıştır. Bununla birlikte çavdarın Sorgun1 ve Yozgat popülasyonları BÖ dönemde en yüksek grupta yer alırken, TÇ ve DS dönemde bütün çavdarlar arpa ve tritikaleden düşük değerler sergilemiştir. En düşük NYD ise BÖ ve TÇ döneminde Çekerek, DS dönemde Yozgat popülasyonunda tespit edilmiştir.

Çizelge 8. İncelenen genotiplerin farklı yıl ve biçim zamanlarına ait NYD değerleri

İşlemler	2019 A**			2020 B			
	BÖ	TÇ	DS	BÖ	TÇ	DS	
Çavdar genotipleri	Sorgun1	118.33 bc	87.72 ab	80.89 bc	99.58 ab	87.55 c	75.84 cde
	Sorgun2	121.81 bc	82.19 bc	84.91 b	87.65 de	73.84 ef	72.38 cde
	Akdağ1	124.66 bc	82.79 bc	76.83 bcd	88.37 cd	81.24 cd	75.01 cde
	Akdağ2	124.69 bc	78.34 c	72.36 cde	95.50 bc	78.31 def	83.55 bc
	Çekerek	114.12 cd	78.51 c	68.31 de	80.40 e	72.52 f	71.44 de
	Kadıışehri	127.70 b	84.05 bc	93.63 a	83.26 de	80.50 cde	75.65 cde
	Yerköy	122.83 bc	89.17 ab	70.29 de	87.79 de	80.90 cd	82.60 bcd
	Bayburt	145.93 a	90.38 ab	81.38 b	85.09 de	85.20 cd	74.48 cde
	Yozgat	113.12 cd	87.71 ab	67.16 e	104.66 a	82.84 cd	69.00 e
	Aslım-95 [†]	124.76 bc	82.63 bc	72.23 cde	90.82 cd	85.58 c	82.29 bcd
Tritikale [†]	104.79 d	96.69 a	96.46 a	104.81 a	99.12 b	88.29 ab	
Arpa [†]	105.28 d	90.88 ab	70.04 de	104.42 a	113.56 a	95.10 a	
Ortalama	120.67 A	85.92 B	77.87 C	92.70 A	85.10 B	78.80 C	

†: Çeşit, **:p<0.01, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (p<0.05). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası.



Şekil 4. İncelenen genotiplerin farklı biçim zamanlarında belirlenen birleştirilmiş yıllara ait ortalama NYD değerleri (*: Çeşit, Aynı çizgide aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (p<0.05). BÖ: Başaklanma öncesi, TÇ: Tam çiçeklenme, DS: Döllenme sonrası).

Birleştirilmiş yıllarda ise, BÖ döneminde bazı çavdarlarda (Sorgun1, Akdağ2, Bayburt, Yozgat ve Aslım-95) arpa ve tritikaleden daha yüksek NYD belirlenmiştir (Şekil 4). TÇ ve DS dönemlerinde çavdarlar arpa ve tritikaleden daha düşük NYD içermiş ancak, DS döneminde sorgun1 ve Sorgun2 arpayla benzer olmuştur. NYD bakımından çavdarlar kendi içinde kıyaslandığında, BÖ döneminde Sorgun 1, Akdağ 2, Bayburt ve Yozgat, TÇ döneminde Sorgun1 ve Bayburt, DS döneminde ise Sorgun1, Sorgun2 ve Kadışehri popülasyonları Aslım-95'ten daha üstün olmuştur.

İki yıllık ortalama sonuçlar çavdar için hasat döneminin arpa ve tritikaleye oranla çok daha kritik bir konu olduğu ve gecikmeyle birlikte özellikle kalite kaybının daha fazla olacağı göstermektedir. Buna göre, kaba yem amacıyla yetiştirilen çavdarda hasatın TÇ dönemi sonrasına bırakılmaması önerilebilir. Çaçan ve Kökten (2019) iki yıllık sonuçlara dayanarak, NYD'ni ekmeklik buğday, arpa ve tritikalede sırasıyla 108.3, 104.5, 99.7 olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda TÇ dönemi ele alındığında ortama NYD çavdarda 75.51 (çekerek) – 87.63 (sorgun1) arasında değişen değerlerle arpa (102.22) ve tritikalenin (97.95) gerisinde yer almıştır.

Sonuç

Elde edilen sonuçlar, hasat döneminin arpa, tritikale ve çavdar da verim ve besleme değeri açısından önemli olduğunu, çavdarın yem bitkisi olarak önemli bir potansiyel taşıdığını ve erken dönemde biçildiğinde arpa ve tritikaleden daha yüksek verim ve kaliteye sahip olabileceğini göstermiştir. Diğer taraftan incelenen özellikler üzerinde yılın etkisi de önemli olmuştur. Ayrı ve birleştirilmiş yıllara ait sonuçlar göstermiştir ki, incelenen bütün bitkilerde hasat dönemi geciktikçe büyüme (Şekil 1) ve verim (Şekil 2) artmış, ham protein içeriği (şekil 3) ve NYD (şekil 4) azalmıştır. İncelenen bütün özellikler açısından DÖ ve TÇ arasında meydana gelen değişim TÇ ve DS arasında meydana gelen değişime göre daha belirgin olmuştur. Bu değişim çavdarlarda daha yüksek düzeydedir. İncelenen bütün bitkilerde TÇ en uygun hasat dönemi olarak görülmektedir. Zamana bağlı kalite kaybı çavdarda arpa ve tritikaleden daha fazla olmuştur. Bu nedenle özellikle çavdarda kalite açısından TÇ öncesinde biçim de tercih edilebilir.

Diğer taraftan çavdarlar kendi aralarında kıyaslandığında, incelenen özellikler açısından Aslım-95'e yakın veya ondan üstün değerler sergileyen dolayısıyla ıslah programları için ümit var popülasyonların olduğu görülmektedir. Buna göre birleştirilmiş yıllara ait sonuçlar ve TÇ dönemi esas alındığında, verim açısından Yerköy ve Bayburt hariç tüm popülasyonlar, ham protein içeriği ve NYD açısından ise Sorgun1, Yerköy, Bayburt ve Yozgat popülasyonları Aslım-95'le benzer olmuştur. Hatta Sorgun1 popülasyonu hem NYD hem de ham protein açısından Aslım-95'ten üstün değerler sergileyerek öne çıkmıştır.

Sonuç olarak; küçük taneli tahıllar arasında olumsuz çevre koşullarına en iyi uyum gösteren ve girdi isteği düşük olan çavdarın yem bitkisi olarak kullanımının, ülkemizin kaba yem açığının kapatılmasına önemli katkılar sağlayacağı, bu amaçla hem yetiştiricilik, hem de yeni çeşit geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmesinin önemli ve gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

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

- Acar, Z., Gulumser, E. Önal Açıcı, Ö. Basaran, U. Mut, H. ve Ayan, I. 2017. Effects of sowing ratio and harvest periods on hay yields, quality and competitive characteristics of Hungarian vetch – cereal mixtures. *Legume Research*, 40(4): 677-683.
- Albayrak, S., Mut, Z. ve Töngel, Ö. 2006. Triticale (X Triticosecale Wittmack) hatlarında kuru ot ve tohum verimi ile bazı tarımsal özellikler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1):13-21.
- Ay, İ. ve Mut, H. 2017. Yaygın fiğ ile yem bezelyesinin arpa ve yulaf ile karışımlarında uygun karışım oranının belirlenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, 5(2): 55-62.
- Çaçan, E. and Kökten, K. 2019. A Research on the Evaluation of the Cereal Species as Roughage. *Ege Univ. Ziraat Fak. Dergisi*, 56 (2):221-229, DOI: 10.20289/zfdergi.459694
- Çakmak, İ., Torun, B., Erenoğlu, B., Öztürk, L., Marschner, H., Kalaycı, M., Ekiz, H. and Yılmaz, A., 1998. Morphological and physiological differences in cereals in response to zinc deficiency. *Euphytica*, 100: 349-357.
- Çifci, E. A. ve Doğan, R. 2018. Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı tritikale (X Triticosecale Wittmack) genotiplerinde özellikler arası ilişkiler ve path analizi". *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 32(1): 59-67.
- Ekiz, H., Bağcı, S.A., Kırıl, S., Eker, S., Gültekin, I., Alkan, A. and Çakmak, İ. 1998. Effect of Zinc Fertilization of Various Cereals Grown in Zinc-Deficient Calcareous Soil. *J. Plant Nutr*, 21: 2245-2256.
- Erbaş Köse, Ö.D., Mut, Z. ve Kardeş, Y.M. 2019. Farklı Ekim Sıklıklarının Çavdarda Ot Verimi Ve Kalitesine Etkisi. HASAT Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi, Ankara/TURKEY. file:///C:/Users/Acer/Downloads/Erbakseveark.2019HASAT.pdf. (Erişim tarihi: 04.07.2022)
- Ertuğrul M, 1997. Hayvan Yetiştirme (Yetiştiricilik). Baran Ofset, Ankara, 313 s.
- Göçmen, N. ve Özasan Parlak, A. 2017. Yem bezelyesi ile arpa, yulaf ve tritikale karışım oranlarının belirlenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, 5(1): 119-124.
- Gökkuş, A., Birer, S. ve Alatürk, F. 2017. Farklı Anız Yükseklikleri Kalacak Şekilde Yapılan Biçimlerin Arpanın Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri. *KSÜ Doğa Bil. Dergisi*, 20 (Özel Sayı): 121-125.
- Gülümser, E. ve Acar, Z. 2017. Biçim Zamanı ve Tohum Oranlarının Macar Fiği Tahıl Karışımlarının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Selcuk J Agr Food Sci*, 31 (2): 14-21.
- Karadağ, Y and U. Büyükburç. 2004. Forage qualities, forage yields and seed yields of some legume-triticale mixtures under rainfed conditions. *Acta Agric. Scand. Sec. B- Soil and Plant Sci*, 54: 140-148.
- Kır, H. 2022. Effects of Different Forage Pea and Rye Mixtures on Forage Yield and Quality. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 3(1): 11-17, DOI:10.51801/turkjrf.1073958.
- Kim, K.S., Anderson, J.D., Webb, S.L., Newell, M.A. and Butler, T.J. 2017. Variation of winter forage production in four small grain species-oat, rye, triticale and wheat. *Pak. J. Bot*, 49: 553–559.

- Miedaner, T., Kodisch, A., Raditschnig, A. and Eifler, J. 2021. Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding. *Agriculture*, 11, 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060526>
- Numata, S., Yamaguchi, K., Shimizu, M., Sakurai, G., Morimoto, A., Alias, N., Nor Azman, N.Z., Hosaka, T. and Satake, A. 2022. Impacts of climate change on reproductive phenology in tropical rainforests of Southeast Asia. *Commun Biol*, 5(1):311. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03245-8>
- Phillips, H.N., Heins, B.J., Delate, K. and Turnbull, R. 2021. Biomass Yield and Nutritive Value of Rye (*Secale cereale* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Forages While Grazed by Cattle. *Crops*, 1(2):42-53. <https://doi.org/10.3390/crops1020006>
- Rohweder, Dza., Barnes, R.F. and Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *J Anim Sci*, 47: 747-759.
- Smith, K.K, Anderson, J.D., Webb, S.L., Newell, M.A. and Butler, T.J. 2017. Variation of winter forage production in four small grain species-oat, rye, triticale and wheat. *Pak. J. Bot*, 49:553-559.
- Tsers, I., Meshcherov, A., Gogoleva, O., Petrova, O., Gogoleva, N., Ponomareva, M., Gogolev, Y., Korzun, V. and Gorshkov, V. 2021. Alterations in the transcriptome of rye plants following the *Microdochium nivale* infection: identification of resistance/susceptibility-related reactions based on RNA-Seq analysis. *Plants*, 10, 2723, <https://doi.org/10.3390/plants10122723>.
- Wettberg, E, Toker, C., Özkan, H. and Smýkal, P. 2021. Endangered Wild Crop Relatives of the Fertile Crescent, In Book: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier Science, Oxford/Amsterdam, Amsterdam, p: 673-682, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00109-4>.



Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerine Uygulanan Farklı Gama Işını Dozlarının *In Vitro* Adventif Sürgün Rejenerasyonu Üzerine Etkileri^A

Hümeyra YAMAN^{*1}, Nilgün BAYRAKTAR²

Öz: Çalışmada bir iyonize radyasyon kaynağı olan Cs 137 kaynağı kullanılarak aspir çeşitlerinin tohumlarına 200,300,400,500,600 Gy dozda gama ışını uygulanmıştır. Çalışmalar Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmalarda ışınlanmamış tohumlara da aynı zamanda uygulamalar yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerle çeşitlerin ayrı ayrı varyans analizi yapılmıştır. Aspir çeşitlerinin rejenerasyon kapasitesine gama ışınlarının etkisini gözlemek için farklı doz ve kombinasyonlarda besin ortamları denenmiştir. Çeşitlere göre kullanılan besin ortamındaki hormon dozlarında farklılıklar olmuştur. Temel besin ortamı olarak Murashige ve Skoog (MS) ortamı kullanılmıştır. Denemeler sonucunda; Remzibey çeşidinde 4 mg/L TDZ ve 0.2 mg/L NAA, Dinçer çeşidinde 1 mg/L TDZ ve Shifa aspir çeşidinde ise 2 mg/L NAA ve 2 mg/L BAP içeren MS besin ortamlarında adventif sürgün rejenerasyonunun arttığı sonucuna varılmıştır. Bunun yanısıra her üç çeşitte farklı eksplant tipleri denenmiş ve en iyi sonuçları verenler sırasıyla hipokotil ve sürgün ucu eksplantları olmuştur. Çalışmada kullanılan eksplant tiplerinin verdiği cevaplar ışın dozuna ve genotipe bağlı olarak değişim göstermiştir. Kullanılan eksplant tipine göre kallus oluşumlarında yapısal değişiklikler meydana gelmiştir. Kallusların oluşumu üzerinde meydana gelen bu yapısal farklılıklar sürgün oluşumunu etkilemiştir. Bu sonuçlar canlılık değerlerine yansımıştır. Çalışmada genel anlamda direk olarak elde edilen sürgünlerden gelişen bitkiler daha hızlı sonuç vermiştir. Yapılan çalışmalardaki veriler incelendiğinde genetik çeşitlilikler ve mutagen dozlara bağlı olarak gelişen değişimler en fazla 300-400 Gy dozlarında ortaya çıkmıştır. Mutagen uygulamaların in vitro da tepkisini ölçmek amacıyla yapılan bu çalışmada

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

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Hümeyra YAMAN, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. E-mail: humeyrayaman@hotmail.com, [OrcID 0000-0002-5873-9401](https://orcid.org/0000-0002-5873-9401)

² Nilgün BAYRAKTAR, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye. E-mail: nbayrak@agri.ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0425-6305](https://orcid.org/0000-0003-0425-6305)

adventif sürgün rejenerasyonu üzerine olumlu etkiler elde edilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak genetik varyasyonu ve somaklonal çeşitliliği ortaya çıkarmak için ıslaha yardımcı olarak doku kültürü tekniklerinden de faydalanılacağı açıkça görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Adventif sürgün rejenerasyonu, genetik çeşitlilik, hipokotil eksplantları, iyonize radyasyon, mutasyon.

Effects of Different Gamma Ray Doses on *In Vitro* Adventitious Shoot Regeneration of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars

Abstract: In the study, gamma rays were applied to the seeds of safflower cultivars at a dose of 200,300,400,500,600 Gy using an ionizing radiation source, Cs 137. The studies were carried out in 3 replications according to the Random Plots Trial Design. In the studies, applications were also made to the seeds that were not irradiated. Variance analysis of the varieties was made with the data obtained from the research. In order to observe the effect of gamma rays on the regeneration capacity of safflower varieties, different doses and combinations of nutrient media were tried. There were differences in the hormone doses in the nutrient medium used according to the cultivars. Murashige and Skoog (MS) medium was used as the main nutrient medium. As a result of the trials; It was concluded that adventitious shoot regeneration increased in MS nutrient media containing 4 mg/L TDZ and 0.2 mg/L NAA in Remzibey cultivar, 1 mg/L TDZ in Diñcer cultivar, and 2 mg/L NAA and 2 mg/L BAP in Shifa safflower cultivar. In addition, different explant types were tried in all three cultivars and the best results were hypocotyl and shoot tip explants, respectively. The responses of the explant types used in the study varied depending on the radiation dose and genotype. Structural changes occurred in callus formations depending on the explant type used. These structural differences on the formation of calli affected shoot formation. These results were reflected in the vitality values. In general, the plants grown from the shoots obtained directly in the study gave faster results. When the data in the studies were examined, the changes due to genetic variations and mutagen doses emerged at doses of 300-400 Gy at most. In this study, which was carried out to measure the response of mutagen applications in vitro, positive effects on adventitious shoot regeneration were obtained. Based on these data, it has been clearly seen that tissue culture techniques will also be used as an aid to breeding in order to reveal genetic variation and somaclonal diversity.

Keywords: Adventitious shoot regeneration, genetic diversity, hipokotil explants, ionize radiation, mutation.

Giriş

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), ayçiçeği gibi Compositae / Asteraceae familyasının bir üyesi olup, tek yıllık yağlı tohumlu en eski kültür bitkilerinden birisidir. Ayrıca dünyada 25 kadar türü olduğu bildirilmektedir (Arslan ve ark., 2010). Dünyada Asya ve Akdeniz havzasına özgü, kurak ve yarı kurak bölgelerde yetişen bir tür olup geniş bir adaptasyon yeteneğine sahiptir (Köse ve ark., 2016).

Dünyada 60'ın üzerinde ülkede aspir tarımı yapılmaktadır. En fazla üretildiği ülkeler arasında Kazakistan, ABD ve Rusya Federasyonu gelmektedir (FAOSTAT, 2021).

Aspir (*Carthamus tinctorius*) bitkisi, farklı amaçlar için kullanılan değerli agronomik bir türdür. Tohumları kuş ve hayvan yemi olarak, tohum yağı alfatokoferol içeren gıdalarda, çiçekleri arıların bal üretmesinde, çiçeklerinde bulunan kırmızı ve sarı pigmentleri gıda renklendiricisi olarak, hasat sonrası slajı hayvan yemi olarak ve içeriğindeki etken maddeleri ise halk hekimliğinde kullanılır (Ivanova ve Smerea, 2018). Tohumundan elde edilen aspir yağ birleşiminde iki ana doymamış yağ asidi olan oleik ve linoleik asitler toplam yağın %90'nını oluştururken, kalan %10 ise palmitik ve stearik asit gibi doymuş yağ asitlerine karşılık gelir (Anjani ve Yadav, 2017). Bu durumda aspir yağı hem omega-9 bakımından hem de omega-6 bakımından zengin olduğu için yağı kaliteli bir yemeklik yağ olarak kullanılabilir. Yetiştirilen çeşitler kaliteli yağ kaynağı olarak kullanılmasının yanında aspir çeşitleri ve özellikleri hakkında bilgi eksikliği olduğu için çeşit geliştirme çok önemli ve güncel bir konudur (Smerea ve ark., 2018).

Ülkemizde çok sınırlı bir alanda üretimi yapılan bu bitkide varolan çeşitlerin soğuğa ve kurağa yeterli derecede toleranslı olmamaları nedeniyle üretimi sınırlı kalmaktadır (Polat, 2007). Son yıllarda, yağlı tohumlu bitkilere olan talep büyük oranda artmış olup bu talebi karşılayabilmek için hem yağlı tohum hem de ham yağ ithalatı yanında mevcut üretimi de arttırmak gerekir. Ekim alanlarının artışı ile üretim artabileceği gibi kültürel tekniklerin iyileştirilmesi ve yüksek verimli çeşitlerin ekilmesiyle verim artışı sağlanabilir. Daha fazla verim artışı için ıslah çalışmalarında ana hedef ıslaha yardımcı prosesleri geliştirmek olmalıdır (Şanver ve Göksoy, 2019).

Bu amaçlarla ıslahın bir dalı olan mutasyon ıslahından yararlanma fikri ortaya çıkmıştır. Mutasyon ıslahında kültür bitkilerine istenilen özelliklerin kazandırılmasında kalıtsal yapıda ani değişimler (mutasyon) yapacak yöntemlerin kullanılmasıyla kısa zamanda yeni varyasyonlar oluşturulabilmektedir. Çeşitli mutasyon oluşturuvcu etkenler (mutagenler) bitkilerin kromozomlarının yapı ve sayılarında ya da genlerinin fiziksel ve kimyasal yapılarında ani olarak bir takım kalıtsal değişimler yaparak onlara olumlu ya da olumsuz yeni özellikler kazandırabilmektedir. Aspir bitkisinde amaç yağ verimi yüksek soğuğa kurağa toleranslı çeşitleri geliştirmektir. İn vitro teknolojilerin kullanılması bitkilerin genetik çeşitliliğini arttırmada etkili prosedürlerden biridir (Smerea ve ark., 2018). Doku kültürü yöntemleri ile laboratuvar ortamında zamandan tasarruf ederek, kolay bir şekilde yapılacak çalışmalarla ıslah süresinin kısaltılması sağlanabilmektedir. Bu nedenle mutasyon ıslahı ve seleksiyon çalışmalarında bitki doku kültürleri önemli bir yer almaktadır. Doku kültürü teknikleri ile mutagen uygulamaların bir arada kullanılması klasik ıslah metodlarından daha kısa sürede ve daha küçük bir alanda istenilen karakterlerin gelişimini desteklemektedir (Afrasiab ve Javed, 2010). Hem genetik çeşitlilik hem de

somaklonal varyasyonun sağlanması açısından da oldukça önemlidir. Mutasyon ıslahı çalışmalarında anter, protoplast, kallus ve süspansiyon kültürleri kullanılarak doku kültürü çalışmaları yapılmaktadır. Mutasyon kaynakları kullanılarak doku kültürü çalışmalarında in vitro sürgün rejenerasyonu ve mutant rejenerantlarda meydana gelen değişiklikler üzerine birçok uygulama yapılmıştır. Örneğin, bazı araştırmacılar hastalıklara dayanıklı bitki seçimini in vitro da yapmışlardır. (Jain, 2010, Kumar ve ark., 2012).

Mutagen uygulamaların ıslaha yardımcı olarak in vitro da kısa sürede yapılması yanında, gama ışınlaması ile in vitro tekniklerin kombinasyonlu kullanımı gama ışınının bitkilerde açtığı zararı aza indirdiği de bildirilmektedir. Bu sebeple, tohumlar, çelikler, polenler veya doku kültüründe kallus gibi materyallerde mutasyonları indüklemeye mutagen ışınlar kullanılırlar (Beyaz ve Yıldız, 2017).

Literatür verilerine göre doku kültürü yoluyla aspir rejenerasyonu düşük frekanslı olarak belirtilmiştir. Bunun yanısıra çoğu aspir çeşidi için uygun olan etkili bir protokolün olmamasının da çalışmaları sınırlayıcı etkisi üzerinde durulmuştur (Smerea ve ark., 2018).

Bu çalışmada adventif sürgün rejenerasyon kabiliyeti son derece düşük olan aspir bitkisinde farklı gama ışını dozlarının çeşitler bazında sürgün rejenerasyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Doku kültürü çalışmalarında elde edilecek bulgular gelecekte aspir ıslah çalışmaları için yapılacak olan anter ve ovul kültürü çalışmalarına ışık tutacaktır.

Materyal ve Yöntem

Aspir bitkisine ait farklı çeşitlerin in vitro adventif sürgün rejenerasyonuna tepkilerini belirlemek amacıyla 200, 300, 400, 500, 600 Gry dozlarda gama ışını kullanılmıştır. Tohumlara Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde Cs 137 kaynağı ile ışınlama yapılmıştır. İn vitro çalışmalar öncesinde her üç çeşidin tüm dozlarına ait tohumlar %0,1 HgCl₂ çözeltisi uygulanarak 8 dakika süreyle sterilizasyona tabi tutulmuştur.

İşinlanmış ve steril edilmiş tohumlar kağıt arasına her petride 10 tohum olacak şekilde 9x9 luk petri kutularında 4 tekrarlı olarak ekilmiştir. Kağıtların üzeri çok sulu olmayacak şekilde ıslatılmıştır. Petriler iklim kabinlerinde (Sanyo MLR 352-H) 25° de, 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde fotoperiyotta tutulmuştur.

İşinlanmış ve işinlanmamış (kontrol) tohumlar çimlendirildikten 7-10 gün sonra kotiledon yaprak, hipokotil ve sürgün ucu eksplantları farklı oksin ve sitokinin dozları içeren çeşitli kombinasyonlara ait MS besin ortamına (Murashige and Skoog, 1962, Murashige, 1974) alınmıştır. Ortamlar her üç çeşitte ayrı ayrı ele alınmıştır. Burada amaç hem hangi eksplant tipinin daha iyi sonuç vereceğini hem de hangi ortamın hangi çeşide daha uygun olacağına karar vermektir. Dozlarla, kontrol dozları birbirleri ile eş zamanlı olarak besiyerlerine aktarılmıştır. Asperde farklı hormon konsantrasyonlarında rejenerasyon kabiliyetini belirlemek amacıyla incelenen özellikler şöyledir; kallus oluşturan eksplant oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı, eksplant başına sürgün sayısı ve köklenme oranı gözlemleri alınmıştır. Direk sürgün oluşumu gözlenen eksplantlar gündüz

sıcaklığı 25°, gece ise kış aylarında 10° -15° yi sağlayan seralarda köklenmeye alınmıştır. Köklendirme amacıyla 36*36*34 cm lik 25 lt lik içinde 1:1 oranında torf: perlit içeren saksılar kullanılmıştır. Seraya alınan bu köklenmiş bitkilerde belli zaman sonra tabla oluşumları gözlenmiş ve bitkiler çiçek açmıştır. Çiçeklerin tabladaki dönüşümü ve tohum bağlaması sonucunda, en başarılı olan besin ortamını içeren denemeler kayıt altına alınmıştır.

Çeşitlerin rejenerasyon kabiliyetini artırmak amacıyla daha evvelki çalışmalarda aspir bitkisi için kullanılan ve başarılı sonuçlar elde edilen hormonları içeren farklı kombinasyonlar kullanılarak her çeşit için uygun olan dozlar belirlenmiştir. Hormonlar ve konsantrasyonları TDZ 1-4 mg/l, BAP 1-4 mg/l ve NAA 0-4 mg/l'nin farklı kombinasyonlarından oluşan 30 farklı ortamda denenmiştir. Farklı eksplant tipleri ile yapılan ön denemede yapılan istatistik analiz sonucunda hipokotil ve sürgün ucu eksplantları her üç genotip içinde daha uygun görülmüştür.

Çalışmalardaki çeşit, tür, ortam kombinasyonlarında olan farklılıktan dolayı, her çalışmada aynı hormon dozları ile ortamın kullanılabilmesi sonucuna ulaşılamaz. 30 farklı ortam kombinasyonları ile yapılan ön denemeden yola çıkarak hipokotil ve sürgün ucu eksplantlarıyla Remzibey çeşidi 4 mg/L TDZ + 0.2 mg/L NAA, Dinçer çeşidi 1 mg/L TDZ ve Shifa çeşidi 2 mg/L BAP + 2 mg/L NAA numaralı ortamların rejenerasyon çalışmasında kullanılmasına karar verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Işınlanmış ve ışınlanmamış (kontrol) steril edilmiş tohumlar petri kutularına yerleştirilerek, 25° de, 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde fotoperyotta tutulmuştur. 7-10 gün sonra tohumlar çimlenmiş, kotiledon yaprak, hipokotil ve sürgün ucu eksplantları farklı oksin ve sitokinin dozları içeren çeşitli kombinasyonlara ait MS besin ortamına alınmıştır. Kültür başlangıcından 25-30 gün sonra eksplantların bazılarının üzerinde kalluslar oluşmuş ancak bu kallusların üzerinde adventif sürgün uçları gözlenmemiştir. Bunun yanı sıra ilk bir haftada eksplantlardan sürgün oluşumu gözlenmiş bu sürgünlerde adventif olmamasından dolayı ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Sürgünler köklenmeye alınabilecek yeterli büyüklüğe ulaşamamıştır. Eksplantların bir kısmında da direkt sürgün oluşumu gözlenmiştir. Direkt sürgün oluşumu gözlenen eksplantlar gündüz sıcaklığı 25°, gece ise kış aylarında 10°, ortalama 15° yi sağlayan seralarda köklenmeye alınmış, büyütülmüştür. Seraya alınan bu köklenmiş bitkilerde belli zaman sonra tabla oluşumları gözlenmiş ve bitkiler çiçek açmıştır.

Her çeşitte de öncelikle sürgün ucundan gelişen sürgünler 10-15 gün sonra oluşmuş ve genellikle eksplant başına sürgün sayısı açısından 1'in altında sürgün oluşturduğu gözlenmiştir. Her üç çeşitte de hipokotil ve yaprak eksplantı karşılaştırıldığında sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısı açısından hipokotil eksplantlarının daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Yaprak eksplantı değerleri ise süreklilik göstermemesi ve dalgalanmaların olmasından dolayı kallus oluşturan eksplant oranı açısından göz önüne alınmamıştır. Birçok faktör yapılan çalışmalar için sınırlayıcıdır. Örneğin genotip, tohumun yaşı ve kallus (Fan ve Guo, 2013), alınan eksplantın tipi (Smerea ve ark., 2018), ortam bileşenleri, bitki büyüme düzenleyicileri ve

diğer maddeler (Fan ve Guo, 2013, Xue ve ark., 2015). Yapılan ön denemeler sonrasında hipokotil ve sürgün ucu eksplant tipleri her üç genotip içinde daha uygun görülmüştür. Bu iki eksplant kullanılarak çeşide göre değişmekle birlikte; Remzibey çeşidi 4 mg/L TDZ + 0.2 mg/L NAA, Dinçer çeşidi 1 mg/L TDZ ve Shifa çeşidi 2 mg/L BAP + 2 mg/L NAA ortamlarının rejenerasyon çalışmasında kullanılmasına karar verilmiştir.

Remzibey çeşidinde gama ışını dozlarının incelenen parametrelere etkisine ait sonuçlar

Kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısı;

Remzibey çeşidi kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ait değerlerin varyans analizi çizelge 1, ortalama değerler ve oluşan gruplar çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. Remzibey çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Kallus Oranı (%)		Sürgün Oluşturan Eksplant Oranı (%)		Eksplant Başına Sürgün Sayısı (adet)	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Tekerrür	2	11.056	0.553	7.808	0.809	0.001	3.000
Eksplant	1	3.216	0.161	10361.204	1072.904**	1.868	6723.997**
Hata1	2	20.011		9.657		0.000	
Doz	5	1200.113	167.023**	1170.828	78.823**	0.188	120.857**
Eksplant x Doz int.	5	18.913	2.632	1123.803	75.657**	0.190	122.00 **
Hata2	20	7.185		14.854		0.002	
TOPLAM	35						

* 0.05, ** 0.01 ihtimal seviyesinde önemli

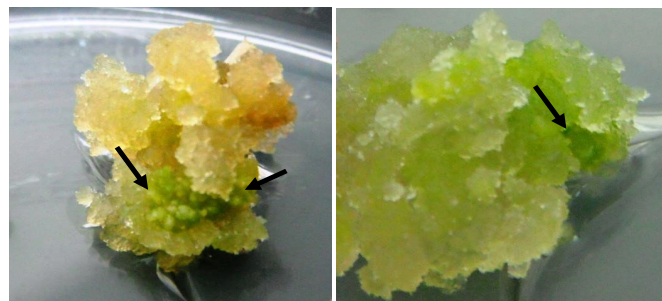
Remzibey çeşidinde kallus oranı açısından farklı dozlar %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı eksplantlar ve interaksiyon (eksplant x doz) önemsiz bulunmuştur. Sürgün oluşturan eksplant oranı ve sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı açısından farklı eksplantlar, farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistikî olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 2. Remzibey çeşidinde uygulanan farklı gama ışını dozlarının kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oran ve eksplant başına sürgün sayısına ilişkin etkilerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Doz (Gy)	Kallus Oranı (%)			Sürgün Oluşturan Eksplant Oranı (%)			Eksplant Başına Sürgün Sayısı (adet)		
	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama
	Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu	
0 (Kontrol)	50.00	40.00	45.00 a	30.00 ef	100.00 a	65.00 a	0.30 de	1.00 a	0.65 a
200	26.66	30.00	28.33 b	20.00 g	93.33 b	56.66 b	0.20 f	0.93 a	0.57 bc
300	20.00	26.66	23.33 c	20.00 g	100.00 a	60.00 a	0.20 f	1.00 a	0.65 ab
400	23.33	23.33	23.33 c	30.00 ef	73.33 c	51.66 c	0.30 de	0.73 b	0.52 c
500	13.33	16.66	14.99 d	43.33 d	36.66 de	39.99 d	0.43 c	0.37 cd	0.40 d
600	0.00	0.00	0.00 e	10.00 h	23.33 fg	16.66 e	0.10 g	0.23 ef	0.17 e
Ortalama	22.22	22.77	22.49	25.55 b	71.10 a	48.33	0.26 b	0.71 a	0.48
LSD (Doz)	3.228			4.642			0.054		
LSD (Eksplant)	-			4.457			0.014		
LSD (ExD)	-			6.564			0.076		
CV(%)	10.43			8.23			8.16		

Remzibey çeşidinde kallus oluşumunda tek önemli faktör doz olarak çıkmıştır. Kallus oluşturan bitkilerin sayısı oranlandığında doz ortalama değerleri %0-45 aralığında değişmiştir (Çizelge 2). Farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. Dozların ortalama en yüksek değeri %45 ile kontrol dozundan alınmıştır. En yüksek ikinci değer %28.33 ile 200 Gy dozdan alınmıştır. 300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. Sonuç olarak ışınlar rejenerasyon oranını kontrole göre azaltmıştır. Eksplant tiplerinde kallus oranı açısından fark çıkmamıştır.

Özyiğit ve ark. (2007) ayçiçeğinde farklı eksplantların kallus oluşumuna etki ettiğini iletmişlerdir. Aynı çalışmalarında ayçiçeğinin 5 farklı çeşidini kullanmışlar bunların arasında da gözlenen değerler açısından farklar ortaya koymuşlardır. Gama ışınlamasının etkisi de eksplant tipine göre değişiklik gösterebilir. Fakat kallus yoğunluğu daha ziyade genotip etkisine bağlıdır. Nitekim, Smerea ve ark. (2018) gama ışınlaması yapılmış aspir tohumlarından elde ettikleri kallusların yoğunluğunun çalıştıkları genotipe bağlı olarak değiştiğini, fakat eksplant tipinin gama ışınına verdiği tepkinin %95 olarak önemlilik arz etmekle birlikte farklı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 1. Remzibey çeşidinde 200 Gy dozda hipokotil eksplantlarından 28 gün sonra oluşan kallusların üzerinde somatik embriyo oluşumu (solda), Remzibey çeşidinde 200 Gy dozda sürgün ucu eksplantlarından 28 gün sonra oluşan kallusların üzerinde somatik embriyo oluşumu (sağda)

Hipokotil ve sürgün ucu eksplantlarından oluşan kallusların üzerinde çok sayıda somatik embriyo gözlenmede bu emriyolardan oluşan sürgünler yeterli büyüklüğe erişememiştir (Şekil 1).

Sürgün oluşturan eksplant oranı değerleri %16.66-65 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Doz ortalamaları açısından 0-300 Gy dozlar aynı grupta yer almış ve farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. En yüksek değerler kontrol ve 300 Gy dozda, sırasıyla %65 ve %60 olarak tespit edilmiştir. Bu dozlar aynı grupta yer almıştır.

Sürgün oluşturan eksplant oranı açısından eksplantlar arası fark da istatistik olarak önemli çıkmıştır. Eksplantlar 2 ayrı grupta yer almıştır. Değerler %10-100 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek değerler sürgün ucu eksplantının kontrol dozu ve 300 dozundan elde edilmiştir. Bu dozlar aynı grupta yer almıştır. En düşük değer ise %10 ile hipokotil eksplantının 600 Gy dozundan elde edilmiştir. Eksplantların sürgün oluşturan eksplant ortalamaları incelendiğinde eksplantların arasında büyük bir fark gözlenmektedir. Sürgün ucu eksplantı %71.10 ile hipokotil eksplantından neredeyse 2.5 kat daha fazla sürgün oluşturmuştur. Hipokotil eksplantında kendi arasında dozlara göre dalgalanmalar olmuş, en yüksek değer %43.33 ile 500 Gy dozundan elde edilmiştir. 500 Gy dozda neredeyse eksplantların yarısı sürgün oluşturmuştur. 600 Gy dozda ise bu oran %10'a düşmüştür. Sujatha ve Kumar (2007) yabancı aspir ve kültür aspirinde BAPxNAA ile TDZxNAA kombinasyonlarında *Carthamus tinctorius* (%71.1) ve *C.arborescens*' in (%100) en iyi sürgün oluşumunu TDZxNAA' nın kombinasyonunda bulmuştur.

Sürgün oluşturan eksplant oranı açısından doz ve eksplant interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Sürgün oluşturan eksplant oranı bakımından dozlar arasındaki farklılık, eksplantları da etkilemektedir. Sürgün ucu eksplantları dozlara göre kendi arasında incelendiğinde ufak bir dalgalanma olmakla beraber dozlar arttıkça sürgün oluşumunda 300 doza kadar fazla bir değişiklik olmamakla beraber, 300 dozdan sonra bu oran giderek azalmış ve 600 Gy de %23.33'e gerilemiştir. Gerek dozlar ve gerekse eksplantlar açısından ciddi farklar elde edilmiştir. Sujatha ve Kumar (2007) yabancı aspirlerle ve kültür aspiri türünün yaprak eksplantını kullanarak farklı konsantrasyonlarda TDZxNAA içeren ortamlarda sürgün rejenerasyonu sağlamışlardır. Bu çalışma ile paralel olarak *C. tinctorius* yaprak eksplantlarında kallus oluşturmada adventif sürgün oluşumu göstermiştir. Her iki çalışmada da eksplant kaynağı farklı olmakla beraber TDZxNAA içeren ortamlarda kontrol dozlarında %100 sürgün oluşumu gözlenmiş ve oluşan sürgünler direk elde edilmiştir.

Sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı ortalama doz değerleri 0.17-0.65 adet arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 2). Farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama değer kontrol dozu ve 300 Gy dozdan 0.65 adet ile elde edilmiştir. Bu iki doz istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Farklı eksplantlar istatistik olarak önemli çıkmış ve 2 farklı grup oluşturmuştur. Değerler 0.10-1.00 adet arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek değerler sürgün ucu eksplantından elde edilmiş ve 0-200-300 Gy dozları aynı grupta yer almıştır. Eksplant ortalamaları incelendiğinde en yüksek ortalama değer 0.71 adet ile sürgün ucu eksplantından elde edilmiştir.

Doz ve eksplant interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı değerleri bakımından dozlar arasındaki farklılığın, eksplantları da etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Aasim ve ark. (2009) bürülce çeşitlerinde yaptıkları *in vitro* çalışmalarda, TDZ konsantrasyonlarının sürgün oluşumunun arttığını gözlemlemişlerdir. Artan TDZ dozlarının kallus ve sürgün oluşumunu artırıcı etki yaptığını, eksplant başına sürgün sayısının ise 0.25 mg/L TDZ dozunda en iyi değere ulaştığını ve sürgün uzunluğunun ise doz arttıkça azaldığını, kontrol dozlarında en yüksek değeri aldığını iletmışlerdir.

Çiftçi ve ark. (2006) bezelye çeşitlerine gama ışını uygulayıp *in vitro* da farklı hormon kombinasyonları deneyerek hem hormonların hem de ışınların etkisini araştırmışlardır. Winner çeşidine 60 Gy dozda 10 µM TDZ veya 50 µM BAP hormonu uygulamasında en yüksek çimlenme değerini almışlardır. En iyi sonucun ise 60 Gy gama + 10 µM TDZ olduğunu iletmışlerdir. En yüksek eksplant başına sürgün sayısı değerini de 60 Gy dozda almışlardır. Karina ve Bolero çeşitlerinde en iyi eksplant başına sürgün sayısı değerini ise kontrolden elde etmişlerdir. Yapılan bu çalışma da bezelye çeşitlerinde farklılıklar olduğu gibi, diğer çalışmalarda da aspirde gama ışınlanması aynı zamanda çeşitlere bağlı olarak genetik kararsızlığı da (Verma ve Shrivastava, 2014, Smerea ve ark., 2018) göstermiştir.

Aspirin sürgün rejenerasyonunda bitkinin genotipinin kullanılan hormon konsantrasyonlarının bu çalışmadaki gibi çok önemli olduğu incelenen çalışmalardanda anlaşılmaktadır. Birçok araştırmacı farklı eksplantlar kullanarak sürgün rejenerasyonunu sağlamışlardır (Radhika ve ark., 2006, Sujatha ve Kumar, 2007, Walia ve ark., 2007, Başalma ve ark., 2008, Talat ve Anwar, 2010, Özdemir ve Türker, 2014). Tüm bu çalışmalardan elde edilen en önemli bilgi sürgün rejenerasyonunun kullanılan genotip, hormonlar ve büyüme koşulları ile yakından alakalı olduğu ile ilgilidir.

Köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığı:

Remzibey çeşidi köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığına ait değerlerin varyans analizi çizelge 3, ortalama değerler ve oluşan gruplar çizelge 4’ de verilmiştir.

Çizelge 3. Remzibey çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve serada canlılığını devam ettirmesine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Köklenme oranı (%)		Kök sayısı (adet)		Kök uzunluğu (cm)		Canlılığını devam ettirme (%)	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Tekerrür	2	1.628	0.015	0.111	1.000	0.228	6.046	2.576	6.153
Eksplant	1	8374.995	75.404*	4.694	42.250*	3.240	85.923*	524.639	1252.944**
Hata1	2	111.069		0.111		0.038		0.419	
Doz	5	4716.163	207.127**	17.894	64.420**	9.830	86.927**	1161.878	235.048**
Eksplant x Doz int.	5	496.862	21.821**	2.294	8.260**	1.217	10.758**	110.415	22.337**
Hata2	20	22.769		0.278		0.113		4.943	
TOPLAM	35								

* 0.05, ** 0.01 ihtimal seviyesinde önemli

Remzibey çeşidinde köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğu açısından farklı eksplantlar %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Canlılığını devam ettirenler açısından farklı eksplantlar, farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

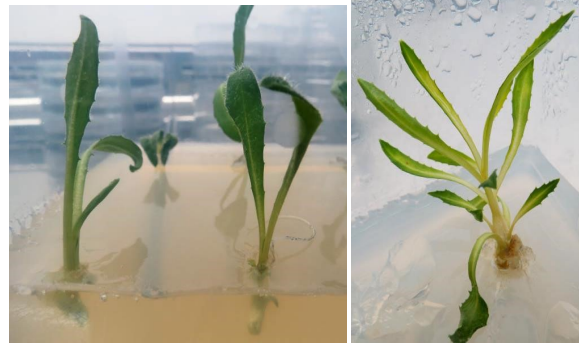
Çizelge 4. Remzibey çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğuna ve canlılığını devam ettirmeye ilişkin etkilerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Doz (Gy)	Köklenme oranı (%)			Kök sayısı (adet)			Kök uzunluğu (cm)			Canlılığını devam ettirme (%)		
	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama
	Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu	
0 (Kontrol)	100.00 a	60.66 d	80.33 a	4.67 b	4.67 b	4.67 a	3.00 bc	3.38 ab	3.19 b	33.30 b	16.66 e	24.98 c
200	100.00 a	59.33 d	79.66 a	3.67 cd	5.67 a	4.67 a	2.67 c	1.20 d	1.93 d	50.00 a	21.47 de	35.74 a
300	100.00 a	57.33 d	78.66 a	2.67 e	4.67 b	3.67 b	2.67 c	1.40 d	2.03 cd	50.00 a	23.33 cd	36.66 a
400	93.33b	76.33 c	84.83 a	3.00 de	4.33 bc	3.67 b	3.17 bc	1.66 d	2.41 c	33.30 b	27.40 bc	30.35 b
500	96.66 ab	36.00 e	66.33 b	3.67 cd	2.67 e	3.17 b	3.57 ab	3.81 a	3.69 a	23.33 cd	27.77 bc	25.55 c
600	0.00 f	0.00 f	0.00 c	0.00 f	0.00 f	0.00 c	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 f	0.00 f	0.00 d
Ortalama	81.66 a	48.28 b	64.97	2.94 b	3.67 a	3.31	2.51 a	1.91 b	2.21	31.65 a	19.43 b	25.54
LSD (Doz)	5.747			0.635			0.040			2.678		
LSD (Eks.)	15.120			0.478			0.280			0.928		
LSD (ExD)	8.127			0.898			0.572			3.787		
CV(%)	8.42			15.94			15.21			8.02		

Remzibey çeşidinde sürgün oluşturan eksplantların köklenme oranı açısından dozlar arası fark önemli bulunmuştur. Ortalama doz değerleri %0-84.83 arasında değişmiştir (Çizelge 4). Farklı dozlar 3 grup oluşturmuştur. 0-200-300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır.

Köklenme oranı açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler %0-100 arasında değişmiştir Hipokotil ve sürgün ucu eksplantları köklenme oranı ortalamaları sırasıyla %81.66 ve %48.28 olarak bulunmuştur. Hipokotil eksplantında alınan en yüksek değer istatistik olarak aralarında fark olmaksızın 0-200-300-500 Gy dozlarından elde edilmiştir. Sürgün ucu eksplantı ise en yüksek değerini %76.33 ile 400 Gy dozda vermiştir. 600 Gy dozda ise sürgün oluşumu olmasına rağmen her iki eksplant açısından da elde edilen sürgünler köklenip bitkicik oluşturamamıştır.

Köklenme oranı açısından interaksiyon istatistik olarak önemli çıkmıştır.



Şekil 2: Remzibey çeşidinde 200 Gy dozunda hipokotil eksplantlarının kültür başlangıcından 18 gün sonra direk sürgün oluşturanların köklenmeye alınması

Remzibey çeşidinde köklenenlerin (Şekil 2) kök sayısı doz ortalama değerleri 0-4.67 adet arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Farklı dozlar 3 grup oluşturmuştur. 0-200 Gy dozlar ve 300-400-500 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. Dozların kök sayısı ortalamalarının en yüksek değer kontrol ve 200 Gy dozlarından elde edilmiş bu oran giderek düşmüştür.

Kök sayısı bakımından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler 0-5.67 adet arasında değişmiştir. 600 Gy dozunda köklenme olmadığından kök sayısı da 0 adet olarak kaydedilmiştir. En yüksek kök sayısı değerini 5.67 adet ile 200 Gy dozunda sürgün ucu eksplantı vermiştir. Eksplantlar kendi içinde incelendiğinde hipokotil eksplantı kök sayısı açısından en yüksek değeri kontrol dozunda vermiştir.

Kök sayısı bakımından eksplant, doz interaksiyonunda istatistik olarak önemli çıkmıştır. İki farklı grup oluşturmuştur. Eksplantların kök sayısı ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer sürgün ucu eksplantından elde edilmiştir.

Remzibey çeşidinde köklenenlerde kök uzunlukları doz ortalama değerleri 0-3.19 cm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama kök uzunluğu değerli 3.69 cm ile 500 Gy dozdan elde edilmiştir.

Kök uzunluğu değerleri açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler 1.20-3.81 cm arasında değişmiştir. En yüksek kök uzunluğu değeri sürgün ucu eksplantının kontrol dozu ile her iki eksplantın 500 Gy dozundan elde edilmiştir.

Kök uzunluğu değerleri açısından eksplant, doz interaksiyonu istatistik olarak önemli çıkmıştır. Eksplantların kök uzunluğu ortalamalarına bakıldığında en yüksek değeri hipokotil eksplantı vermiştir. Dozların kök uzunluğu ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek değer 500 Gy dozunda ortaya çıkmıştır. 600 Gy dozunda sürgün oluşturan eksplantlar köklenmemiş dolayısı ile kök uzunluklarına bakılamamıştır.

Çiftçi ve ark. (2006) bezelye çeşitlerinde 2.5 μM NAA'nın ve gama radyasyonlarının etkisini araştırmışlardır. 2.5 μM NAA'nın bu çeşitler için uygun olduğunu saptamışlardır. Kök sayısı, köklenme oranı ve kök uzunluğu açısından en iyi sonucu Winner çeşidi için 60 Gy dozdan elde etmişlerdir. Karina ve Bolero çeşitleri içinse bu üç karakter en yüksek değerini kontrol dozundan almıştır.

Remzibey çeşidinde köklenip biraz büyüdüktan sonra 3-4 cm çapında saksılara alınan bitkiciklerin serada canlılığını devam ettirmesi açısından gözlemlenmişlerdir. Canlılığını devam ettirenlerin oranı ortalama doz değerleri %0-36.66 oranında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Farklı dozlar istatistik olarak önemli çıkmış ve 4 grup oluşturmuştur. 0-500 Gy ve 200-300 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. En yüksek değerler 200-300 Gy dozlarından elde edilmiştir.

Canlılığını devam ettirenler açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler %0-50 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek değeri hipokotil eksplantı 200-300 Gy dozunda %50 ile vermiştir.

Canlılığını devam ettirenlerde eksplant, doz interaksiyonunda istatistik olarak önemli çıkmıştır. Eksplantların canlılığını devam ettirme oranı ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer %31.65 ile hipokotil eksplantından elde edilmiştir. Radyasyon artışına bağlı olarak sürgün ucu eksplantlarından elde edilen bitkiciklerin canlılık değerlerinde genel anlamda bir artış olmuştur. 600 Gy dozda eksplantlardan gelişen sürgünler canlı kalamadığı için köklenme olmamış ve dolayısı ile canlılık gözlenememiştir.

Tüm alınan gözlemler incelendiğinde Remzibey çeşidinde kallus oranı dozlar arttıkça azalmıştır. Kök uzunluğu değerlerinin ise 500 Gy dozuna kadar dozlar arttıkça arttığı tespit edilmiştir. Diğer incelenen özelliklerin hepsinde de genel anlamda 400 Gy dozunun hemen hemen en iyi ortalamaları verdiği gözlenmektedir.

Dinçer çeşidinde gama ışını dozlarının incelenen parametrelere etkisine ait sonuçlar

Kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısı:

Dinçer çeşidi kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ait değerlerin varyans analizi çizelge 5, ortalama değerler ve oluşan gruplar çizelge 6' da verilmiştir.

Çizelge 5. Dinçer çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Kallus Oranı (%)		Sürgün Oluşturan Eksplant Oranı (%)		Eksplant Başına Sürgün Sayısı (adet)	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Tekerrür	2	7.553	0.214	6.636	4.613	0.002	7.000
Eksplant	1	170.564	4.842	508.127	353.286**	0.147	529.000**
Hata1	2	35.226		1.438		0.000	
Doz	5	380.204	48.746**	732.107	70.540**	0.198	80.841**
Eksplant x Doz İnt.	5	14.075	1.804	143.275	13.805**	0.036	14.841**
Hata2	20	7.800		10.379		0.002	
TOPLAM	35						

* 0.05, ** 0.01 ihtimal seviyesinde önemli

Dinçer çeşidinde kallus oluşturan eksplant oranı açısından farklı dozlar %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı eksplantlar ve interaksiyon (eksplant x doz) önemsiz bulunmuştur. Sürgün oluşturan eksplant oranı ve sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı açısından incelendiğinde farklı eksplantlar, farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistikî olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 6. Dinçer çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ilişkin etkilerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Doz (Gy)	Kallus Oranı (%)			Sürgün Oluşturan Eksplant Oranı (%)			Eksplant Başına Sürgün Sayısı (adet)		
	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama
	Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu	
0 (Kontrol)	10.00	10.00	10.00 d	60.00 b	33.33 c	46.66 b	0.60 b	0.33 c	0.47 b
200	23.33	16.66	19.99 b	80.00 a	63.33 b	71.66 a	0.80 a	0.63 b	0.72 a
300	36.66	33.33	34.99 a	76.66 a	60.00 b	68.33 a	0.77 a	0.60 b	0.68 a
400	43.33	36.66	39.99 a	73.33 a	63.33 b	68.33 a	0.73 a	0.63 b	0.68 a
500	26.66	16.66	21.66 b	60.00 b	36.66 c	48.33 b	0.60 b	0.37 c	0.48 b
600	20.00	10.00	15.00 c	16.66 d	33.33 c	24.99 c	0.17 d	0.33 c	0.25 c
Ortalama	26.66	20.55	23.60	61.10 a	48.33 b	54.72	0.61 a	0.48 b	0.55
LSD (Doz)	3.36			3.88			0.054		
LSD (Eksplant)	-			1.72			0.014		
LSD (E x D)	-			5.49			0.076		
CV(%)	9.85			6.75			9.03		

Dinçer çeşidinde kallus oluşturan bitkilerin sayısı bakımından istatistik olarak tek önemli çıkan faktör dozdur. Ortalama doz değerleri %10-39.99 aralığında değişmiştir (Çizelge 6). Farklı dozlar 4 grup oluşturmuştur. 200-500 Gy dozlar ve 300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. En yüksek değer 300-400 Gy dozundan sırasıyla %34.99 ve %39.99 olarak elde edilmiştir. En düşük değer kontrol dozundan %10 olarak elde edilmiştir.

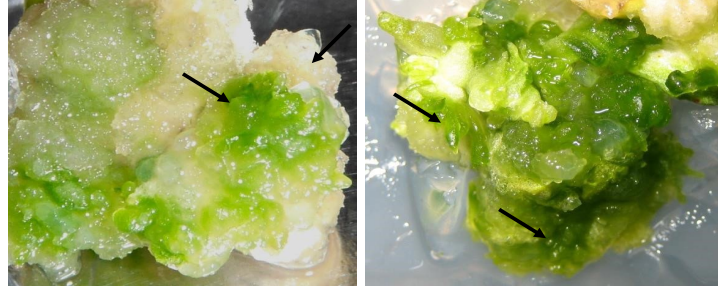
Düşük gama dozlarının kallusa uygulanmasıyla birçok çalışmada olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Singh ve Balyan, 2009, Afrasiab ve Javed, 2010). Muthusamy ve ark. (2007). Remzibey çeşidinde kallus oluşumunun azalmış olması da gayet normaldir.

Sürgünler genellikle direk olarak oluşmuş, kallustan gelişen sürgünler büyümemiş, uzamamış ve fazla canlı kalamamıştır. Sürgün oluşturan eksplant oranı değerleri ortalama doz değerleri %34.99-71.66 arasında değişmiştir (Çizelge 6). Farklı dozlar 3 grup oluşturmuştur. 0-500 Gy dozlar ve 200-300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır.

Sürgün oluşturan eksplant oranında farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler %16.66- 80 arasında değişmiştir. En yüksek değer hipokotil eksplantının 200-300-400 Gy dozlarından elde edilmiştir. En düşük değer ise yine %16.66 ile hipokotil eksplantının 600 Gy dozundan elde edilmiştir.

Sürgün oluşturan eksplant oranı açısından eksplant, doz interaksiyonu önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama değer %61.10 ile hipokotil eksplantından elde edilmiştir.

Smerea ve ark. 2018 de bu çalışmaya benzer olarak aspir bitkisinde ışınlamanın morfogenetik süreçleri hızlandığını ve eksplant başına daha yüksek sürgün eldesini sağladığını bildirmişlerdir. Burada elde edilen sürgün sayısı kontrol dozundan daha yüksek çıkmıştır. Eksplantların sürgün oluşturan eksplant ortalamaları incelendiğinde eksplantlar arasında fark gözlenmekte hipokotil eksplantı %61.10 ile daha fazla sürgün oluşturmaktadır.



Şekil 3. Dinçer çeşidinde sırasıyla 400 ve 500 Gy dozunda sürgün ucu eksplantlarından 35 gün sonra kallus oluşumu ve gözlenen somatik embriyolar

Dinçer çeşidinden alınan gerek hipokotil ve gerekse sürgün ucu eksplantlarından kallus oluşumu gözlenmiştir. Bu kallusların üzerinde somatik embriyolar gözlenirse de, bu embriyolardan bazıları farklılaşmamış ve sürgün oluşturamamıştır. Bazıları ise sürgün oluştursa dahi gelişip uzayamamıştır (Şekil 3).

Smerea ve ark. 2018 de yaptıkları çalışmada aspir tohumlarına 50,100,150 Gy gama dozu uygulamışlardır. Çalışma sonucunda eksplant tipinde olan farklılıklara bağlı olarak kallus oluşumu ve yoğunluğunda değişimler gözlemişlerdir. Kallus dokusunun farklı eksplant tiplerine göre değişim gösterdiğini ve eksplantlardan sürgün oluşumunun da elde edilen kallus dokusuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Şahin ve ark. (2008) mürdümükte adventif sürgün rejenerasyonu üzerine çalışmışlar ve en fazla sürgün oranı, en yüksek eksplant başına sürgün sayısı değerini 0.2 mg/L TDZ' li MS ortamından elde etmişlerdir. Araştırmacılar TDZ' nin purin içermeyen bir sitokin bileşiminin olduğunu ve bitki türlerinin büyük bir çoğunluğunda geleneksel sitokinlerden daha güçlü bir etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Muthusamy ve ark. (2007), doku kültürünü takiben yapılan mutagenik uygulamaların düşük dozlarında sürgün sayısında ve eksplant başına sürgün sayısında artış gözlemişler, artan mutagen dozlarında ise tekrar azalış gözlemişlerdir.

Sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı ortalama doz değerleri 0.25-0.72 adet arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 6). Farklı dozlar istatistik olarak 3 grup oluşturmuştur. 0-500 Gy dozlar ve 200-300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır.

Eksplant başına sürgün sayısı açısından farklı eksplantlar istatistik olarak önemli çıkmıştır. Ortalama değerler 2 grup oluşturmuştur ve 0.17-0.80 adet arasında değişmiştir. En yüksek değer hipokotil eksplantının 200-300-400 Gy dozlarından elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.17 adet ile yine hipokotil eksplantının 600 Gy dozdan elde edilmiştir. Hipokotil eksplantı 500 Gy dozda kontrol dozu ile aynı değeri vermiştir. Sürgün ucu eksplantında ise 200-300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır.

Eksplant, doz interaksyonu açısından ksplant başına sürgün sayısı değerleri istatistik olarak önemli çıkmıştır. Yine eksplantların doz ortalamaları en yüksek ortalama değer 0.61 adet ile hipokotil eksplantından elde edilmiştir.

Barakat ve El-Sammak (2011) *Gypsophila paniculata* L. bitkisinde sürgün ucu ve lateral tomurcuklara 0.25,0.5,0.75 ve 1 Gy dozlarda gama ışını uygulamışlardır. Doz artışına bağlı olarak 0.75 Gy doza kadar değerlerde bir azalış olmuştur. Kallus ve sürgün oluşumu değerleri 0.75 Gy dozda tekrar yükselmiş ve bu dozdan sonra yine düşmüştür. Esplant başına sürgün sayısı ise doz artışı ile azalmış 0.75 Gy dozda neredeyse kontrolün 2.5 katı kadar artış göstermiş ve daha sonrasında ise azalışa geçmiştir. Sürgün uzunluğu değerleri ise 1 Gy doza kadar düşmüş 1 Gy dozda ise kontrole göre artış göstermiştir. Araştırmacılar en iyi kallus oluşumunu ve eksplant başına sürgün sayısı değerini lateral tomurcuktan, en iyi sürgün oluşumu ve sürgün uzunluğu değerini ise sürgün ucu eksplantından elde etmişlerdir. İnteraksiyonda ise kallus oluşumu lateral tomurcuk eksplantında 0.25 Gy dozda kontrole göre artış göstermiş, 0.5 Gy de düşmüş, 0.75 Gy de tekrar artmış ve sonrasında azalmıştır. Sürgün ucu eksplantında ise doz artışı ile 0.75 Gy doza kadar azalmış, bu dozda artış göstermiştir. Sürgün sayısı açısından lateral tomurcukta 0.25 Gy dozda kontrole göre bir artış, 0.5 Gy dozda azalış, 0.75 Gy dozda kontrole göre 2 katın üstünde bir artış ve sonrasında azalış olmuştur. Sürgün sayısı sürgün ucu eksplantında ise 0.75 Gy doza kadar azalış, 0.75 Gy dozda neredeyse kontrolün 3 katı artış göstermiştir.

Köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığı:

Dinçer çeşidi köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığına ait değerlerin varyans analizi çizelge 7, ortalama değerler ve oluşan gruplar çizelge 8’ de verilmiştir.

Çizelge 7. Dinçer çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve serada canlılığını devam ettirmesine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Köklenme oranı (%)		Kök sayısı (adet)		Kök uzunluğu (cm)		Canlılığını devam ettirme (%)	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Tekerrür	2	14.144	1.741	0.583	7.000	0.057	0.478	0.938	4.675
Eksplant	1	293.551	36.142*	12.250	147.000**	0.497	4.194	1105.895	5512.710 **
Hata1	2	8.122		0.083		0.119		0.201	
Doz	5	1414.906	151.316**	11.117	37.056**	5.254	45.489**	863.353	316.910**
Eksplant x Doz int.	5	565.889	60.519**	20.317	67.722**	3.861	33.430**	80.923	29.704**
Hata2	20	9.351		0.300		0.116		2.724	
TOPLAM	35								

* 0.05, ** 0.01 ihtimal seviyesinde önemli

Dinçer çeşidi köklenme oranı incelendiğinde farklı eksplantlar istatistik olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlar ve interaksyon (eksplant x doz) istatistik olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Kök uzunluğu açısından incelendiğinde farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı eksplantlar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Kök sayısı ve canlılığını devam ettirenler açısından incelendiğinde farklı eksplantlar, farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 7).

Dinçer çeşidinde sürgün oluşturan eksplantların köklenme oranı ortalama doz değerleri %25-81.83 arasında değişmiştir (Çizelge 8). Farklı dozlar 4 grup oluşturmuştur. 200-300 Gy dozlar ve 400-500 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. En yüksek ortalama doz değeri sırasıyla 200-300 Gy dozlardan elde edilmiş ve değerler %81.83 ile %77.01 arasında değişmiştir. 600 Gy doz en düşük değeri %25 olarak vermiştir.

Köklenme oranı açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler %0-83.00 arasında değişmiştir. En yüksek değer sürgün ucu eksplantından 200-300 Gy dozları ile hipokotil eksplantı 200 Gy dozundan elde edilmiştir. En düşük değer ise yine sürgün ucu eksplantından 600 Gy dozundan %0 ile elde edilmiştir.

Köklenme oranı açısından eksplant, doz interaksiyonu da istatistik olarak önemli bulunmuştur. Ortalama köklenme oranı açısından en yüksek değeri %66.33 ile hipokotil eksplantı vermiştir.

Çizelge 8. Dinçer çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığına ilişkin etkilerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Doz (Gy)	Köklenme oranı (%)			Kök sayısı (adet)			Kök uzunluğu (cm)			Canlılığını devam ettirenlerin oranı(%)		
	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama
	Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu	
0 (Kontrol)	60.00 de	55.33 ef	57.66 c	3.67 fg	4.33 ef	4.00 d	2.73 e	3.57 cd	3.15 c	16.70 d	30.53 bc	23.62 b
200	80.66 ab	83.00 a	81.83 a	3.33 g	5.67 c	4.50 cd	3.23 de	4.13 abc	3.68 b	12.50 e	31.73 bc	22.11 b
300	73.70 bc	80.33 ab	77.01 a	3.67 fg	9.33 a	6.50 a	3.73 bcd	4.25 ab	3.99 ab	13.10 e	33.30 b	23.20 b
400	68.16 cd	73.33 bc	70.75 b	4.33 ef	7.33 b	5.83 b	4.23 ab	4.33 a	4.28 a	13.70 de	47.60 a	30.65 a
500	66.00 cd	72.00 c	69.00 b	4.67 de	5.33 cd	5.00 c	3.98 abc	3.58 cd	3.78 b	16.70 d	27.76 c	22.23 b
600	50.00 f	0.00 g	25.00 d	5.33 cd	0.00 h	2.67 e	3.36 d	0.00 f	1.68 d	0.00 f	0.00 f	0.00 c
Ortalama	66.33 a	60.78 b	63.55	4.17 b	5.33 a	4.75	3.54	3.31	3.43	12,11 b	28.48 a	20.29
LSD (Doz)	3.683			0.659			0.410			1.988		
LSD (Eks.)	4.087			0.413			-			0.643		
LSD (ExD)	5.208			0.933			0.580			2.811		
CV(%)	5.88			11.53			9.91			6.82		

Dinçer çeşidinde köklenenler kök sayısı açısından değerler 2.67-6.50 adet arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 8). Farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama değer 300 Gy dozdan 6.50 adet ile elde edilmiştir. Bunu 400 Gy doz 5.83 adet ile izlemiştir. En düşük değer ise 2.67 adet ile 600 Gy dozdan elde edilmiştir.

Kök sayısı açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler 0-9.33 adet arasında değişmiştir. En yüksek kök sayısı değerini 9.33 adet ile 300 Gy dozunda sürgün ucu eksplantı vermiştir.

Kök sayısı eksplant, doz interaksyonu değerleri de istatistik olarak önemli bulunmuştur. Eksplantların kök sayısı ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer 5.33 adet ile sürgün ucu eksplantından elde edilmiştir.

Dinçer çeşidinde köklenenlerde kök uzunlukları ortalama doz değerleri 1.68-4.28 cm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 8). Farklı dozlar 4 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama kök uzunluğu değeri sırasıyla 300-400 Gy dozlardan elde edilmiş, 3.99 ve 4.28 cm değerlerini vermiştir. En düşük değer 1.68 cm ile 600 Gy dozdan elde edilmiştir.

Eksplant, doz interaksyonu da kök uzunluğu değerleri açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur. Kök uzunluğu değerler 0-4.33 cm arasında değişmiştir. En yüksek kök uzunluğu değeri sürgün ucu eksplantının 300-400 Gy dozları ile hipokotil eksplantının 400 Gy dozundan elde edilmiştir. En düşük değer sürgün ucu eksplantında 0 cm ile 600 Gy dozundan elde edilmiştir. Eksplant ortalamaları açısından istatistik olarak fark bulunamamıştır.

Dinçer çeşidinde köklenip biraz büyüdükten sonra 3-4 cm çapında saksılara alınan bitkiciklerin serada canlılığını devam ettirmesi açısından incelenmişlerdir. Canlılığını devam ettirenlerin oranı ortalama doz değerleri %0-30.65 oranında değişiklik göstermiştir (Çizelge 8). Farklı dozlar 3 grup oluşturmuştur. 0-200-300-500 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. En yüksek değer 400 Gy dozunda %30.65 olarak elde edilmiştir.

Canlılığı devam ettirme açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Eksplant değerleri %0-47.60 arasında değişmiştir. En yüksek değeri sürgün ucu eksplantı 400 Gy dozunda %47.60 ile vermiştir. En düşük değer ise %0 ile her iki eksplantın 600 Gy dozundan elde edilmiştir.

Eksplant, doz interaksyonu canlılığı devam ettirme gözlemi bakımından istatistik olarak önemli çıkmıştır. Eksplantların canlılığını devam ettirme oranına bakıldığında ortalama en yüksek değer %28.48 ile sürgün ucu eksplantından elde edilmiştir. Görüldüğü gibi Dinçer çeşidinde eksplantlar canlılığını devam ettirmesi için sera ortamına alınca genel olarak %20 oranına gerilemiştir.

Radyasyona bağlı olarak dozlar arttıkça sürgün ucu eksplantlarında değerlerde belli bir doza kadar artış gözlenmiştir. Hipokotil eksplantlarında ise azalış sonra artış gözlenmiştir. Değerlerdeki bu oynama diğer çalışmalarda da gözlenmektedir.

Turan (2007) Berkmen 469 Double Haploid buğday çeşidine Cs 137 kaynağı kullanarak 50-350 Gy doz aralığında gama ışını uygulamıştır. Uygulanan gama dozlarının canlılık değerlerinde azalmalara neden olduğunu saptamışlardır. Kontrolde canlı bitki sayısı 150 iken, 50 Gy de 147, 100 Gy de 142 ve 150 Gy de 138'e gerilediğini, 200 Gy de tekrar artışla 146 olduğunu ve 300-350 Gy de bu değer tekrar düştüğünü kaydetmişlerdir. Her iki çalışmada da uygulanan gama dozlarının canlılığa etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmıştır.

Dinçer çeşidinde incelenen kallus oranı, kök uzunluğu ve canlılığını devam ettirenlerin oranı özellikleri ortalamalarına bakıldığında 400 Gy dozunda en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir. Sürgün oluşturan eksplant oranı, sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı ve köklenme oranı özellikleri açısından ise 200 Gy dozu ortalama olarak en iyi sonucu vermiştir. Tüm alınan gözlemler incelendiğinde dozlar arttıkça değerler birbirleri ile ilintili olarak genel anlamda 400 doza kadar artmış ya da sabit kalmıştır. Köklenme oranı değerlerinin ise 500 Gy dozuna kadar dozlar arttıkça arttığı tespit edilmiştir.

Shifa çeşidinde gama ışını dozlarının incelenen parametrelere etkisine ait sonuçlar

Kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısı:

Shifa çeşidi kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ait değerlerin varyans analizi çizelge 9, ortalama değerler ve oluşan gruplar çizelge 10 de verilmiştir.

Çizelge 9. Shifa çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Kallus Oranı (%)		Sürgün Oluşturan Eksplant Oranı (%)		Eksplant Başına Sürgün Sayısı (adet)	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Tekerrür	2	27.265	4.404	4.790	0.941	0.001	1.000
Eksplant	1	4.459	0.720	102.516	20.138*	0.001	1.000
Hata1	2	6.191		5.091		0.001	
Doz	5	131.405	13.685**	620.208	60.277**	0.092	33.280**
Eksplant x Doz int.	5	71.480	7.444**	482.658	46.909**	0.081	29.200**
Hata2	20	9.602		10.289		0.003	
TOPLAM	35						

* 0.05, ** 0.01 ihtimal seviyesinde önemli

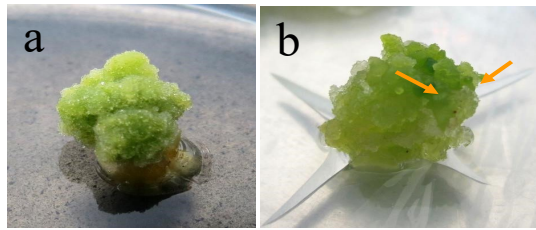
Shifa çeşidi kallus oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısı açısından farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı eksplantlar önemsiz bulunmuştur. Sürgün oluşturan eksplant oranı açısından incelendiğinde farklı eksplantlar istatistik olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 10. Shifa çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının kallus oranı, sürgün oluşturan eksplant oranı ve eksplant başına sürgün sayısına ilişkin etkilerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Doz (Gy)	Kallus Oranı (%)			Sürgün Oluşturan Eksplant Oranı (%)			Eksplant Başına Sürgün Sayısı (adet)		
	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama
	Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu	
0 (Kontrol)	20.00 cd	23.33 bcd	21.66 a	60.00 a	33.33 d	46.66 a	0.60 a	0.33 d	0.47 a
200	26.66 abc	20.00 cd	23.33 a	53.33 ab	26.66 de	39.99 bc	0.53 ab	0.27 de	0.40 bc
300	33.33 a	16.66 de	24.99 a	43.33 c	43.33 c	43.33 ab	0.43 c	0.43 c	0.43 ab
400	16.66 de	30.00 ab	23.33 a	26.66 de	46.66 bc	36.66 c	0.27 de	0.47 bc	0.37 c
500	13.33 ef	13.33 ef	13.33 b	20.00 e	33.33 d	26.66 d	0.20 e	0.33 d	0.27 d
600	10.00 f	10.00 f	10.00 b	0.00 f	26.66 de	13.33 e	0.00 f	0.27 de	0.13 e
Ortalama	19.99	18.89	19.44	33.88 b	34.99 a	34.44	0.34	0.35	0.34
LSD (Doz)	3.732			3.863			0.06596		
LSD (Eks.)	-			3.236			-		
LSD(E.xD)	5.278			5.463			0.09329		
CV(%)	12.07			9.32			15.3		

Şifa çeşidinde kallus oluşturan bitkilerin sayısı oranlandığında doz ortalama değerleri %10-24.99 aralığında değişmiştir (Çizelge 10). Farklı dozlar 2 grup oluşmuştur. 0-200-300-400 Gy dozlar ve 500-600 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır.

Kallus oluşturan bitkilerde eksplant, doz interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. En yüksek değerleri %33.33 ile hipokotil eksplantı 300 Gy dozunda ve sürgün ucu eksplantı 400 Gy dozunda %30.00 olarak vermiştir. En düşük değer ise sürgün ucu ve hipokotil eksplantlarının 600 Gy dozundan elde edilmiştir. Şifa çeşidinde ışınlar rejenerasyon oranını kontrole göre artırmıştır. Fakat değerler dalgalanmalı olarak seyretmiş stabil ya da paralel ilerlememiştir.



Şekil 4. a Şifa çeşidi 400 Gy dozda hipokotil eksplantlarından 23 gün sonra kallus oluşumu, b Şifa çeşidi 200 Gy dozda sürgün ucu eksplantlarından 23 gün sonra kallustan somatik embriyo oluşumu

Şekil 4 a’da 23 gün sonra hipokotil eksplantlarından sağlıklı ve yeşil kalluslar gözlenmektedir. Şekil 4 b de ise sürgün ucu eksplantlarının kalluslarından somatik embriyo oluşumu gözlenmektedir. Kalluslar seyrek, yeşil lekelerle kaplı ve yumru halinde oluşmuşlardır (Şekil 4). Kallus oluşumundaki yapısal farklılıkları Smerea ve ark. (2018) aspirde yaptıkları çalışmalarında hipokotil eksplantlarından elde ettikleri kallusların daha seyrek yapılı olduğunu ve yaprak eksplantlarından elde ettikleri kallusların daha kompakt ve yeşil renkte olduğunu belirtmişlerdir. Eksplant tipine göre kallusta yapısal farklılıklar bu çalışmada da kaydedilmiştir. BAPxNAA kullanılarak yapılan diğer çalışmalarda da bu durum aynı gözlenmiştir (Radhika ve ark., 2006). Özyiğit ve ark. (2002) 5 farklı ayçiçeğinde hipokotil ve kotiledon eksplantlarını kullanarak en yüksek oranda direk sürgün rejenerasyonunu 1 mg/L BAP+0.5 mg/L NAA konsantrasyonlarından elde etmişlerdir. Afrasiab ve Javed (2010) patates çeşitlerinin (Desiree ve Diamant) genetiğini geliştirmek için *in vitro* teknikler ve mutagen uygulamalardan faydalanmışlardır Her iki çeşitte inter-nodal eksplantlar kullanılarak kallus elde etmek için NAA (1.0 mg / L) ve BAP (0.5 mg / L) ile desteklenmiş MS ortamı kullanılmıştır. İyi gelişen kalluslar 5-50 Gy lik gama ışınına maruz bırakılmıştır. En uygun kallus oluşum dozunu 20 Gy olarak bulmuşlar, bu doza kadar artış daha sonrasında ise doz artışına bağlı olarak bir azalış gözlenmiştir. Bu çalışmada da BAPxNAA kullanılmış ve kallus oluşumunda hipokotil eksplantları 300 Gy doza kadar, sürgün ucu eksplantları ise 400 Gy doza kadar hemen hemen artış göstermiş; bu dozlardan sonra değerler azalmıştır. Çalışmalar bu sonuçlar açısından paralellik arz etmektedir.

Sürgün oluşturan eksplant oranına bakıldığında ortalama doz değerleri %13.33-46.66 arasında değişmiştir (Çizelge 10). Farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama değerler sırasıyla kontrol ve 300 Gy dozlarında, %46.66 ile %43.33 olarak bulunmuştur. En düşük değer %13.33 ila 600 Gy dozdan elde edilmiştir.

Sürgün oluşturan eksplant oranı açısından farklı eksplantlar 2 grup oluşturmuştur. Değerler %0-60.00 arasında değişmiştir. En yüksek değerler sırasıyla hipokotil eksplantının kontrol dozu ile 200 Gy dozundan %60 ve %53.33 olarak elde edilmiştir. En düşük değer ise yine %0 ile hipokotil eksplantının 600 Gy dozundan elde edilmiştir. Hipokotil eksplantında kendi arasında dozlara göre azalarak ilerlemiş 600 Gy dozda %0 a kadar düşmüştür.

Sürgün oluşturan eksplant oranı bakımından eksplant, doz interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Eksplantların sürgün oluşturan eksplant ortalamaları incelendiğinde sürgün ucu eksplantı %34.99 ile daha fazla sürgün oluşturmuş ve hipokotil eksplantına göre farklı grupta yer almıştır.

Sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı ortalama doz değerleri 0.13-0.47 adet arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 10). Farklı dozlar 5 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama değerler kontrol dozu ile 200 Gy dozundan sırasıyla 0.47 adet ile 0.43 adet olarak bulunmuştur. En düşük değer 0.13 adet ile 600 Gy dozundan elde edilmiştir.

Eksplant başına sürgün sayısı bakımından eksplantlar arasında istatistik olarak fark çıkmamıştır. Fakat eksplant, doz interaksyonu önemli bulunmuştur. Eksplant başına sürgün sayısı değerleri 0-0.60 adet arasında değişmiştir. En yüksek değerler hipokotil eksplantının kontrol dozu ile 200 Gy dozlardan sırasıyla 0.60 ve 0.53 adet olarak elde edilmiştir. En düşük değer ise yine 0 adet ile hipokotil eksplantının 600 Gy dozundan elde edilmiştir. Hipokotil eksplantlarda ışınlama sonrası rejenerasyon kabiliyetinin yüksek olduğunu (Smerea ve ark., 2018) fakat kullanılan eksplantın yanında genotipik farklılıklarında ışınlamaya bağlı olarak farklı seyredeceğini ve tüm bu süreçlerin genotipe bağlı olarak değişeceğini (Radhika ve ark., 2006, Basalma ve ark., 2008; Motamedi ve ark., 2011) göz önünde bulundurmak gerekir. Sürgün oluşturan eksplant sayısı ve eksplant başına sürgün sayısı bakımından aspirin farklı çeşitleri kullanılarak birçok çalışma yapılmış ve sonuçta çeşitler arasında farklılık ortaya çıkmıştır (Radhika ve ark., 2006). Kalluslardan oluşan sürgünler genellikle 1-3 adet arasında değişmektedir. Direk oluşan sürgünlerde de durum hemen hemen aynıdır. BAP kullanılarak yapılan diğer çalışmalarda da eksplant başına sürgün sayıları benzerdir (Radhika ve ark., 2006).

Mandal ve Gupta (2001) aspirin 8 farklı çeşidinde direk sürgün oluşumu ve bitki rejenerasyonu üzerine yaptığı çalışmalarında BAP' ın farklı konsantrasyonlarını denemişlerdir. Sonuçta eksplant başına sürgün sayısı Bhima çeşidinden MS ortamına ekledikleri 8.87 µM BAP konsantrasyonundan elde etmişlerdir. Bu çalışmada en iyi eksplant başına sürgün sayısı değeri Shifa çeşidinde ışınlanmamışlarda çıkmıştır.

Muthusamy ve ark. (2007) yerfıstığında mutagenlerin somatik embriyo oluşumu ve bitki rejenerasyonuna etkisini araştırmak için embriyogenik kallusları 10-50 Gy dozlarında γ radyasyona maruz bırakmışlar veya 1-5 mM etil metan sülfonat (EMS) ya da sodyum azit (SA) ile muamele etmişlerdir. Somatik embriyoları filizlenmesi için 2.0 mg/L BAP ve 0.25 mg/L NAA ile MS ortamında kültüre almışlardır. Eksplant başına

somatik embriyoların sayısını mutagenlerin düşük konsantrasyonlarda (30 Gy / 3 mM) daha yüksek bulmuşlardır.

Köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığı:

Shifa çeşidi köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığın devamlılığına ait değerlerin varyans analizi çizelge 11, ortalama değerler ve oluşan gruplar çizelge 12’ de verilmiştir.

Çizelge 11. Shifa çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve serada canlılığını devam ettirmesine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Köklenme oranı (%)		Kök sayısı (adet)		Kök uzunluğu (cm)		Canlılığını devam ettirme (%)	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Tekerrür	2	21.560	3.294	0.583	1.105	0.057	0.147	2.183	0.062
Eksplant	1	630.680	96.359*	7.111	13.473	0.025	0.065	145.604	4.116
Hata1	2	6.545		0.528		0.388		35.376	
Doz	5	1170.105	122.289**	7.133	27.913* *	4.928	38.783**	1876.732	146.561**
Eksplant x Doz int.	5	585.501	61.191**	1.178	4.609**	1.671	13.149**	296.289	23.138**
Hata2	20	9.568		0.256		0.127		12.805	
TOPLAM	35								

* 0.05, ** 0.01 ihtimal seviyesinde önemli

Shifa çeşidi köklenme oranı açısından incelendiğinde farklı eksplantlar istatistik olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kök sayısı, kök uzunluğu ve canlılığını devam ettirme açısından incelendiğinde farklı dozlar ve interaksiyon (eksplant x doz) istatistik olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı eksplantlar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 11).

Shifa çeşidinde; sürgün oluşturan eksplantların köklenme oranına dair ortalama doz değerleri %16.50-67.66 arasında değişmiştir (Çizelge 12). Farklı dozlar 4 grup oluşturmuştur. En yüksek ortalama değer 300 Gy dozda 67.66 olarak kaydedilmiştir. 0-200-400 Gy dozlar aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer %16.50 olarak 600 Gy dozda kaydedilmiştir.

Köklenme oranına bakımından farklı eksplantlar istatistik olarak önemli çıkmış ve 2 grup oluşturmuştur. Değerler %0-82 arasında değişmiştir. En yüksek değerler sürgün ucu eksplantında 300-400 Gy dozlarından sırasıyla %82 ile %76.66 olarak elde edilmiştir. En düşük değer ise hipokotil eksplantından 600 Gy dozundan %0 ile elde edilmiştir.

Köklenme oranı bakımından eksplant, doz interaksiyonu da istatistik olarak önemli bulunmuştur. Eksplantların ortalama köklenme oranlarına bakıldığında sürgün ucu eksplantı %54.50 ile en yüksek değeri vermiştir.

Çizelge 12. Shifa çeşidine uygulanan farklı gama ışını dozlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğuna ve canlılığını devam ettirmeye ilişkin etkilerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Doz (Gy)	Köklenme oranı (%)			Kök sayısı (adet)			Kök uzunluğu (cm)			Canlılığını devam ettirme (%)		
	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama	Eksplant		Ortalama
	Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu		Hipokotil	Sürgün Ucu	
0 (Kontrol)	66.60 b	44.33 de	55.46 b	3.67 ab	3.33 bc	3.50 ab	3.00 abc	2.40 cde	2.70 b	16.70 d	61.10 a	38.90 c
200	62.20 bc	60.66 bc	61.43 b	3.33 bc	4.33 a	3.83 a	2.67 bcd	2.17 de	2.42 b	37.70 c	61.10 a	49.40 ab
300	53.33 cd	82.00 a	67.66 a	2.67 cd	3.67 ab	3.17 bc	3.17 ab	3.58 a	3.38 a	46.66 bc	46.66 bc	46.66 ab
400	38.86 ef	76.66 a	57.76 b	2.33 de	3.33 bc	2.83 c	3.50 a	3.25 ab	3.38 a	61.10 a	43.33 bc	52.21 a
500	50.00 d	30.33 f	40.16 c	1.33 f	1.67 ef	1.50 d	3.27 ab	2.07 de	2.67 b	50.00 b	38.87 c	44.43 bc
600	0.00 g	33.00 f	16.50 d	0.00 g	2.33 de	1.17 d	0.00 f	1.82 e	0.91 c	0.00 e	0.00 e	0.00 d
Ortalama	45.16 b	54.50 a	49.83	2.22	3.11	2.67	2.60	2.55	2.57	35.35	41.84	38.60
LSD (Doz)	3.725			0.6093			0.4292			4.310		
LSD (Eks.)	3.669			-			-			-		
LSD (ExD)	5.268			0.8617			0.6070			6.095		
CV(%)	7.08			18.96			13.85			10.05		

Shifa çeşidinde köklenenler kök sayısı açısından incelendiğinde ortalama doz değerleri 1.17- 3.83 adet arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 12). Farklı dozlar 4 grup oluşturmuştur. Kontrol dozu ile 200 Gy doz aynı grupta yer almış ve sırasıyla 3.50 ile 3.83 adet değerini almıştır. 500-600 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır.

Kök sayısı açısından farklı eksplant tipleri istatistiki olarak önemli çıkmamıştır. Fakat eksplant, doz etkisiyle önemli çıkmıştır. Eksplantların kök sayısı değerleri 0-4.33 adet arasında değişmiştir.

Shifa çeşidinde köklenenlerde kök uzunlukları ortalama doz değerleri 0.91- 3.38 cm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 12). Farklı dozlar 3 grup oluşturmuştur. 0-200-500 Gy dozlar ve 300-400 Gy dozlar aynı grupta yer almıştır. En yüksek kök uzunluğu değerli 300-400 Gy dozlardan 3.38 cm olarak elde edilmiştir. En düşük değer 600 Gy dozdan 0.91 cm olarak elde edilmiştir.

Kök uzunluğu değerleri açısından eksplantlar arasındaki fark önemli çıkmamıştır. Eksplant, doz etkisiyle önemli bulunmuştur. Kök uzunluğu değerleri 0-3.58 cm arasında değişmiştir. En düşük değer hipokotil eksplantında 0 cm ile 600 Gy dozundan elde edilmiştir.

Shifa çeşidinde köklenip biraz büyüdükten sonra 3-4 cm çapında saksılara alınan bitkiciklerin serada canlılığını devam ettirmesi açısından incelenmişlerdir. Canlılığını devam ettirenlerin doz ortalamaları oranı %0-52.21 oranında değişiklik göstermiştir (Çizelge 12). Farklı dozlar 4 grup oluşturmuştur. 200-300-400 Gy dozlar en yüksek değerleri vermiştir. En düşük değer ise 600 Gy dozdan %0 olarak elde edilmiş ve bu dozda bitkiler serada canlı kalamamışlardır.

Canlılığı devam ettirme açısından farklı eksplant tipleri istatistiki olarak önemli çıkmamıştır. Fakat eksplant, doz etkisiyle önemli çıkmıştır. Eksplantların canlı kalma oranı değerleri %0-61.10 arasında değişmiştir. En yüksek değerler sürgün ucu eksplantının kontrol dozu ve 200 Gy dozlarında ayrıca hipokotil eksplantının 400 Gy dozunda %61.10 ile elde edilmiştir.

Doku kültürü çalışmaları sonunda serada bitkilerin gelişiminde ve tabla oluşturup tohum bağlamasında bazı farklılıklar yaşandı. Bu farklılıklar uygulanan mutagen kaynağından ileri gelmektedir. Bitkinin cılız olmasına, tabla oluşturmamasına, tabla oluştursa dahi küçük olmasına, tohum bağlamamasına, tohum bağlasa dahi az olmasına ve bazende kuruyup gitmesine sebep olmaktadır.

Muthusamy ve ark. (2007) yerfıstığında hipokotil den elde ettikleri embriyogenik kallusları γ -radyasyona maruz bırakmışlar veya 1-5 mM etil metan sülfonat (EMS) ya da sodyum azit (SA) ile muamele etmişlerdir. Canlı kalma yüzdesini mutagenlerin düşük konsantrasyonlarda (30 Gy / 3 mM) eksplantında daha yüksek bulmuşlardır. Bu çalışmada sürgün ucu eksplantlarında gözlenen durum aynıdır. Doz artışına bağlı olarak gama uygulamasının düşük dozları daha etkili sonuç vermiştir. Hipokotil eksplantında ise durum doz artışına bağlı olarak artış göstermiştir.

Shifa çeşidinde incelenen kallus oranı ve köklenme oranı özellikleri ortalamalarına bakıldığında 300 Gy dozunda en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir. Sürgün oluşturan eksplant oranı ve sürgün oluşturan eksplantlarda eksplant başına sürgün sayısı açısından değerlerin dozlar arttıkça azalarak ilerlediği gözlenmiştir. Kök uzunluğu ve canlılığı devam ettirenlerin oranları açısından incelendiğinde değerler 400 Gy dozuna kadar artmış, bu dozdan sonra azalarak devam etmiştir. Tüm alınan gözlemler incelendiğinde dozlar arttıkça değerler birbirleri ile ilintili olarak genel anlamda 300-400 doza kadar artmıştır.

Sonuç

İyonize radyasyon uygulamalarının in vitro da verdiği yanıtların, etkinliği standardize edilmiş ve incelenen özelliklere gama ışını dozlarının olumlu etki yaptığına dair başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol dozları ile yapılan ön çalışmada; Remzibey çeşidinde sürgün ucu eksplantı ve hipokotil eksplantı sürgün oluştururken yaprak eksplantından hiç sürgün elde edilememiştir. Dinçer çeşidinde sürgün ucu eksplantı en iyi sonucu vermiş yaprak ve hipokotil eksplantlarından da sürgünler elde edilmiştir. Shifa çeşidinde en fazla sürgün, sürgün ucu eksplantından ve daha sonra hipokotil eksplantından elde edilirken yaprak eksplantından hiç sürgün elde edilememiştir. Bu sonuçlar ışığında farklı eksplant tiplerinin sürgün rejenerasyonuna etkisinde farklı olduğu söylenebilir. Ayrıca her çeşidin uygulanan hormon kombinasyonlarına cevabı da genotipik farklılıklardan dolayı çeşitli olmuştur. Eksplant tiplerinin değişiminde hormonların etkisinin farklı farklı ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Tüm ön uygulamalardaki sonuçlar göz önüne alınacak olursa hipokotil ve sürgün ucu eksplantlarının adventif sürgün rejenerasyonu için aspirde daha uygun olduğu sonucuna varılabilir. Bunun yansısı genotipik farklılıklardan dolayı adventif sürgün rejenerasyonunu artıran hormon kombinasyonlarının Remzibey çeşidinde 4 mg/L TDZ ve 0.2 mg/L NAA içeren, Dinçer çeşidinde 1 mg/L TDZ içeren ve Shifa çeşidinde ise 2 mg/L NAA ve 2 mg/L BAP içeren MS besin ortamları olduğu sonucuna varılmıştır. Hormonların ve ortam kombinasyonlarının her üç çeşitte de farklı olması aspir çeşitlerindeki genetik farklılıktan kaynaklanmaktadır. Böylece araştırılan özellikler bakımından her çeşidin cevabıda farklı olacaktır.

Çalışmada her çeşit için ayrı bir ortam elde edilmesi in vitro çalışmalarda adventif sürgün rejenerasyonuna etki eden faktörlerden en önemli olan birinin bitki büyüme düzenleyicileri olduğu ortaya çıkmıştır. Eğer bitki büyüme düzenleyicileri (oksin- sitokininler) iyi bir kombinasyonla ortaya konulursa bu durumun adventif sürgün rejenerasyonunu artıracığı bir gerçektir.

Çalışmada kallus oluşumu Remzibey çeşidinde azalırken Dinçer ve Shifa çeşitlerinde doz artışına bağlı olarak her çeşitte değişmek koşuluyla bazı dozlara (300-400 Gy) kadar artmıştır. Bu durum aslında rejenerasyon kapasitesi çok düşük olan aspirin ışınlama yolu bazı parametrelere yine her çeşitten çeşide değişmekle beraber pozitif etkiler yapacağını gözler önüne sermiştir. Karakterlerin etkisi ve ışınlamaya verdiği tepki çeşitten çeşide farklılık göstermektedir ki bu bitkinin genotipik yapısındanır.

Kallus oluşum oranı açısından en yüksek değer kontrol dozlarında Remzibey çeşidinden elde edilmiştir. Dinçer ve Shifa çeşitlerinde ise doz uygulamasıyla kallus oranında artış gözlenmiştir. Sürgün oluşturan eksplant oranı tüm çeşitlerde doz uygulaması ile artmıştır. Remzibey çeşidinin rejenerasyon kabiliyeti diğer çeşitlerden daha yüksek çıkmıştır. Kök sayısı ve kök uzunluğu değerleri incelendiğinde çeşitlere göre farklılıklar olmuştur. Kök uzunluğu değerleri de her iki eksplant için en yüksek değeri Remzibey çeşidinde 500 Gy dozda, Dinçer ve Shifa çeşitlerinde 400 Gy dozda vermiştir.

Canlılık açısından çeşitler incelendiğinde, çalışmada gama ışını dozlarının doku kültürü sonrası çeşide göre değişmekle beraber canlılığında bazı dozlarda artmış olması ve genelde doz arttıkça belli bir noktaya kadar artması olumlu bir sonuçtur. Çalışmada bitkinin rejenerasyon kabiliyetinin artırılmasının yanı sıra canlı kalması ve tohum vermesi de kontrol dozlarına göre artmıştır. Bitkide gama uygulamasıyla canlılığın yani direncin artması; bazı aminoasitlerin biyosentezinde uyarıldığı, ayrıca temel biyokimyasal olayların, fotosentez ve mineral alımında artışının açık bir göstergesidir. Bunun yanı sıra gama uygulaması ile canlılığın artışı çoğunlukla bitkilerin yapraklarında gözlenen polifenol oksidaz, katalazlar ve pyroksidazlar gibi bazı enzimlerin aktivitelerinde değişimlerinde bir sonucudur.

Yapılan çalışmada kallus oluşumunun artması ve bu artışa bağlı olarak kalluslar üzerinde hiç sürgün elde edilememesi, elde edilse dahi bunların uzun süre canlılığını koruyamaması aspride dozların rejenerasyona etkisini belirlemek amacıyla bu çalışma için sürgün oluşumuna bakılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Direk olarak sürgün oluşumu daha başarılı olmuştur.

Remzibey çeşidinde sürgün ucu eksplantı, Dinçer ve Shifa çeşitlerinde ise hipokotil eksplantı adventif sürgün rejenerasyonunu çeşitlere göre ve kendine has ortamlarında artıran önemli eksplant tipleridir. Eksplant başına sürgün sayısı değerleri de bu veriler ve sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Kallus oluşumu ile ya da kallus oluşturmada eksplant başına sürgün sayısı değerleri bu çalışmada 1-3 adet arasında değişmiştir. Bu çalışmada genotipler arasında farklılık olması ve farklı eksplantların kullanılması alınan gözlemlerin çeşitten çeşide, eksplanttan eksplanta farklılık göstermesine sebep olmuştur.

Köklenme oranı açısından çeşitler birbirleri ile farklılık göstermiştir. Ayrıca ön çalışma sonuçları Remzibey ve Dinçer çeşitlerinin Shifa çeşidinden daha iyi bir köklenme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Yine en iyi köklenme oranı Remzibey ve Dinçer çeşitlerinde hipokotil eksplantlarından elde edilmiştir.

Kök sayısı bakımından doz artışına bağlı olarak genelde Remzibey ve Shifa çeşitlerinde azalış, Dinçer çeşidinde artış gözlenmiştir. Kök uzunluğu bakımından Remzibey çeşidinde her iki eksplantta 500 Gy dozda, Dinçer ve Shifa çeşitlerinde her iki eksplantta 400 Gy dozda en yüksek değere ulaşmıştır.

Bu çalışmada 600 Gy dozunda laboratuvar koşullarında araştırılan kriterlerin etkinliğinin ve rejenerasyon oranının düştüğü görülüyor. Mutajenik verimliliğin ve etkinliğin sıklığının daha yüksek dozlarda daha düşük olduğu bir gerçektir. Mutasyon uygulamalarda yüksek mutasyon frekansı elde etmek her zaman istenilen bir özelliktir. Ancak artan dozların öldürücü ve gelişmeyi kısıtlatıcı etkileride göz önüne alınması gerekir.

Bu sonuçlar ışığında görülüyor ki optimize edilmiş bir rejenerasyon sistemi bulunmayan çeşitlerde ileri ki dönemde ıslaha yardımcı olmak ve ışık tutmak amacıyla çalışmalar yapmak oldukça zordur. Bu nedenle bu tip çalışmalar önemlidir. Bu çalışma ile aspir bitkisinin her üç çeşidinde yapılacak in vitro çalışmalara yardımcı olacak bilgiler belirlenmiş olmaktadır. Bundan sonra yapılacak double haploid çalışmaları, protoplast füzyonu çalışmaları ve diğer ıslah çalışmaları özellikle asperde soğuğa ve kurağa toleranslı bitkiler geliştirmek için bu sonuçların elde edilmesi oldukça önemlidir.

Teşekkür

Proje kapsamında bu çalışmayı finanse eden Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırma ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne ve tüm çalışmalar süresince her türlü desteği sağlayan Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz. Çalışmanın tüm aşamalarında bilgi birikimi ile desteklerini sunan sayın Prof. Dr. Serkan URANBEY'e de teşekkür ederiz. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmış olup, makalenin bilimsel, etik ve hukuki sorumluluğu bütünüyle yazarlara aittir. Makalenin yayımlanması ile ilgili olarak, yazarlar arasında bir çıkar çatışması olmadığını teyit ederiz.

Kaynakça

- Aasim, M., Khawar, K. M. and Özcan, S. 2009. Comparison of shoot regeneration on different concentrations of thidiazuron from shoot tip explant of cowpea on gelrite and agar containing medium. *Notulae Botanicae Horti Agrobotonici Cluj*, 37: 89-93.
- Afrasiab, H. and Javed, I. 2010. In vitro techniques and mutagenesis for the genetic improvement of potato cvs. *Desiree and diamant. Pak. J. Bot.*, 42(3): 1629-1637.
- Arslan, Y., Katar, D., Güneşlioğlu, H., Subaşı, İ., Şahin, B. ve Bülbül, A. S. 2010. Türkiye Florasındaki Yabani *Carthamus L.* Türleri ve Aspir (*C. tinctorius L.*) İslahında Değerlendirme Olanakları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2): 36-43.
- Barakat, M. N. and El-Sammak, H. 2011. In vitro mutagenesis, plant regeneration and characterization of mutants via RAPD analysis in Baby's breath *Gypsophila paniculata L.* *Australian Journal of Crop Science*, 5(2): 214-222.

- Başalma, D., Uranbey, S., Mirici, S. and Kolsarici, O. 2008. TDZ x IBA induced shoot regeneration from cotyledonary leaves and in vitro multiplication in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7 (8): 960-966.
- Beyaz, R. and Yıldız, M. 2017. The Use of Gamma Irradiation in Plant Mutation Breeding. *Plant Engineering*, 34-46.
- Çiftçi, C. Y., Türkan, A. D., Khawar, H. M., Atak, M. and Özcan, S. 2006. Use of Gamma Rays to Induce Mutations in Four Pea (*Pisum sativum* L.) Cultivars *Turk J Biol.*, 30: 29-37.
- Fan, L. and Guo, M. 2013. Progress of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) regeneration through tissue culture. *Journal Med. Coll. of PLA.*, 28(5): 289-301.
- Ivanova, R. and Smerea, S. 2018. Effects of seeds irradiation with gamma-ray on plant growth and yield attributing characters of safflower. *Oltenia-studiisi comunicari stiintele naturii*, 34(2): 51-56.
- Jain, S. M. 2010. In vitro mutagenesis in banana (*Musa* spp.) improvement. *Acta Hort.*, 879: 605–614.
- Köse, A., Koşar, F. and Bilir, Ö. 2018. Agricultural Performances of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Lines Developed by Single Plant Selection Method. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1): 1-11.
- Kumar, P. and Ratnam, S. 2010. Mutagenic effectiveness and efficiency in varieties of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by separate and combined treatment with gamma- rays and sodium azide. *African Journal of Biotechnology*, 9 (39): 6517-6521.
- Kumar, B., Kumar, S. and Thakur, M. 2012. In vitro mutation and selection of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzelev) lines with improved resistance to *Septoria obesa* Syd. *International Journal of Plant Research*, 2(4): 103-107.
- Motamedi, J., Zebarjadi, A., Kahrizi, D. and Salmanian, A.H. 2011. In vitro propagation and Agrobacteriummediated transformation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) using a bacterial mutated *aroA* gene. *Australian J. Crop Science*, 5(4): 479-486.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.
- Murashige, T. 1974. Plant regeneration through tissue cultures. *Annual Review of Plant Physiology*, 25: 135-166.
- Muthusamy, A., Vasanth, K., Sivasankari, D., Chandrasekar B.R. and Jayabalan, N. 2007. Effects of mutagens on somatic embryogenesis and plant regeneration in groundnut. *Biologia Plantarum*, 51 (3): 430-435.
- Özdemir, F. A. ve Türker, M. 2014. Yabani Aspir'in (*Carthamus persicus* Wild) in vitro Çoğaltımında Farklı BAP-NAA Kombinasyonlarının Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 5: 30-35.
- Özyiğit, I.I., Bajrovic, K., Gözükırmızı, N., Semiz, B.D. 2002. Direct Plant Regeneration from Hypocotyl and Cotyledon Explants of Five Different Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus* L.) From Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 16(1): 8-11, Doi: 10.1080/13102818.2002.10819148.
- Özyiğit, I.I., Gozukirmizi, N., Semiz, B.D. 2007. Genotype Dependent Callus Induction And Shoot Regeneration in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *African journal of biotechnology*, 6(13).

- Polat, T. 2007. Farklı Sıra Aralıkları ve Azot Seviyelerinin Kuru Şartlarda Yetiştirilen Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Bitkisinin Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Radhika, K., Sujatha, M. and Nageshwar, R.T. 2006. Thidiazuron stimulates adventitious shoot regeneration in different safflower explants. *Biologia Plantarum*, 50: 174-179.
- Singh, N. K. and Balyan, H. S. 2009. Induced mutations in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Kharchia 65 for reduced plant height and improve grain quality traits. *Advances in Biological Research*, 3(5-6): 215-221.
- Smerea, S., Andronic, L. and Schin, V. 2018. Morphogenetic potential of calluses derived from gamma irradiated safflower seeds. *Oltenia-studii si comunicari stiintele naturii*, 34(2): 67-71.
- Sujatha, M. and Kumar, V.D. 2007. In vitro bud regeneration of *Carthamus tinctorius* and wild *Carthamus* species from leaf explants and axillary buds. *Biologia Plantarum*, 51: 782-786.
- Şahin Demirbağ, N. Kendir, H. ve Aasim, M. 2008. Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.)’te Adventif Sürgün Rejenerasyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3):297-302.
- Şanver, P. ve Göksoy, A. T. 2019. Hibrid ayçiçeği genotiplerinde korelasyon ve path analizi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 33(2): 235-248.
- Talat, K. and Anwar, S. Y. 2010. High frequency somatic embryogenesis and plantlet regeneration via somatic embryos in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 7: 239-249.
- Turan, H. N., 2007. Gama ışınlamanın makarnalık buğday bitkisinde (*Triticum durum* Desf.) haploid embriyo üretimi ve bitki regenerasyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Xue, Y., Li, D., Gao, Y. and Guo, M. 2015. Optimization of *Carthamus tinctorius* L. tissue culture system based on the combination of 1-naphthylacetic acid and 6-benzyl aminopurine. *Pharmaceutical Care and Research*, 15(2): 91-94.
- Verma, R. C. and Shrivastava, P. 2014. Radiation-induced reciprocal translocations in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Cytologia*, 79(4): 541-545.
- Walia, N., Kaur, A., Babbar, S. B. 2007. Proliferation and differentiation from endosperms of *Carthamus tinctorius*. *Biologia Plantarum*, 51: 49-753.



Determination of Antimicrobial Properties of Endemic Black Sakı Apple Vinegar Produced by Traditional Method Using Different Yeast Raw Materials^A

Filiz YANGILAR^{1*}, Barış GÜLHAN², Hasan KILIÇGÜN¹

Abstract: In this study, it was aimed to determine the antibiotic effect of Black Sakı cider vinegar (homemade) produced with different yeasts against different pathogenic bacterial species (*E. faecalis* ATCC 29212, *S. aureus* ATCC 29213, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 8739, *E. coli* (colistin R) ATCC 19846, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853), with clinical antibiotic resistance by using disc diffusion and microdilution methods. In general, it had been determined that all vinegar samples had antibacterial effect, and the most antibacterial effect against all standard strains was commercial vinegar sample (No. 7 vinegar). It was determined that vinegar sample number 1 (vinegar containing 0.3% *Saccharomyces cerevisiae*) was the weakest effective vinegar sample against all other standard strains except for *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 strain. In addition, in *Escherichia coli* ATCC 8739 strain, the sample number 6 was organic household vinegar, in which MIC values were obtained at 1/32 dilution, unlike the others. In conclusion, the antimicrobial effect of Black Sakı apple vinegar obtained from different yeast raw materials on various microorganisms was determined in detail. These results will form the basis of new studies and will enable studies to be conducted to investigate

^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:** ¹Filiz YANGILAR¹, EBYU Faculty of Health Sciences Department of Nutrition and Dietetics, Turkey, fyangilar@erzincan.edu.tr, **OrcID** 0000-0001-6447-2419

² Barış GÜLHAN, EBYU Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Turkey, drbarisgulhan@gmail.com, **OrcID** 0000-0002-2605-1282

³ Hasan KILIÇGÜN, EBYU Faculty of Health Sciences Department of Nutrition and Dietetics, Turkey, hkilicgun@erzincan.edu.tr **OrcID** 0000-0003-0918-3897

***Atıf/Citation:** Yangılar F., Gülhan, B., Kılıçgün H. 2023. Determination of Antimicrobial Properties of Endemic Black Sakı Apple Vinegar Produced by Traditional Method Using Different Yeast Raw Materials. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 79-99. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1122279>

more bacterial species and their effects on human health by producing Black Sakı vinegar at different doses and techniques.

Keywords: Black sakı apple, antimicrobial, vinegar, homemade, commercial vinegar.

Farklı Maya Hammaddeleri Kullanılarak Geleneksel Yöntemle Üretilen Endemik Kara Sakı Elma Sirkelerinin Antimikrobiyal Özelliklerinin Tespiti

Öz: Bu çalışmada farklı mayalarla üretilen elma sirkelerinin (ev yapımı), klinik olarak antibiyotik direnci olan farklı patojen bakteri türlerine karşı (*E. faecalis* 29212, *S. aureus* 29213, *S. aureus* 25923, *E. coli* 25922, *E. coli* 8739, *E. coli* (colistin R) 19846, *Klebsiella pneumoniae* 700603, *Salmonella enterica* ve *Pseudomonas aeruginosa* 27853), disk difüzyon ve mikrodilüsyon metodları kullanılarak antibiyotik etkisinin belirlenmesi amaçlandı. Genel olarak bütün sirke örneklerinin antibakteriyel etkisinin olduğu, bütün standart suşlara karşı en fazla antibakteriyel etkinin ticari sirke örneği (7 numaralı sirke) olduğu tespit edilmiştir. 1 numaralı sirke örneğinin ise (%0.3 *Saccharomyces cerevisiae* içeren sirke) *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşu hariç bütün diğer standart suşlara karşı en zayıf etkili sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca *Escherichia coli* ATCC 8739 suşunda diğerlerinden farklı olarak 1/32 dilüsyonda MIC değerlerinin elde edildiği örnek 6 numaralı organik ev sirkesi olmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada farklı maya hammaddelerinden elde edilen elma sirkelerinin çeşitli mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkisi detaylı olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar yeni çalışmalara temel oluşturacak niteliktedir ve farklı dozlarda ve tekniklerde sakı elma sirkesi üretilerek daha fazla bakteri türüne ve insan sağlığına etkilerinin de araştırıldığı çalışmaların yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kara sakı elma, antimikrobiyal, sirke, ev yapımı, ticari sirke.

Introduction

Vinegar is a sour-tasting fermented product obtained by the anaerobic conversion of sugars to ethanol by yeasts and aerobic oxidation of ethanol to acetic acid by bacteria. Those obtained from rice and wheat are classified as "grain vinegar", and vinegar obtained from grape, apple and coconut is classified as "fruit" vinegars (Chen et al., 2016). Vinegar, which has a history of about 3000 years, plays an important role in our daily life (Teskaye et al., 2002; Chen et al., 2017; Jiang et al., 2019). In addition, scientists accept vinegar as a "superfood" that is claimed to be good for weight loss, digestion, and skin health. There are even vinegar diets available. In the oldest sources, there is information that Hippocrates (approximately 420 BC) used vinegar for the treatment of wounds 2300 years ago (Johnston and Gaas, 2006; Santos et al., 2019). Various vinegars are produced from different raw materials such as rice, onion, tomato, apple, cider, pineapple and honey (Solieri and Giudici, 2009). The role of

biologically active ingredients, which have many physiological effects on human metabolism, is important (Taş and Güneşer, 2021). Especially, vinegar is also rich in nutritional and bioactive compounds such as amino acids, sugars, organic acids, polyphenols, melanoidins and tetramethyl pyrazine (Ho et al., 2017; Xia et al., 2018). These organic acids in vinegar are not only nutrients, but also bioactive compounds with antimicrobial and anti-inflammatory effects, suppressing fat accumulation and hyperlipidemia, regulating insulin resistance and metabolism, contributing to weight loss, antihypertensive and reducing fatigue (Hindi, 2013; Petsiou et al., 2014). In addition, some studies have suggested that it has an antitumor effect (Baba et al., 2013; Xia et al., 2020). Due to the use of a wide variety of fruits and vegetables in vinegar, which are well known to be important sources of phenolic compounds and organic acids, the final product has strong antioxidant potential and antimicrobial activity (Charles et al., 2000; Chang et al., 2005; Bakır et al., 2017). Fermented foods have been reported to exert anti-obesity effects by altering the composition of the gut microbiota and the expression of genes related to the metabolic syndrome (Han et al., 2015). Among these fermented foods, vinegar, which is an acidic food flavor, has become a product that has received a lot of attention recently, as it exhibits multiple bioactivities such as anti-hypercholesterolemic, anti-hyperglycemic, anti-hypertension, anti-microbial, anti-cancer, anti-thrombotic (Mohamad et al., 2015; Beh et al., 2017).

There are some reasons that give vinegar antimicrobial properties. Vinegar has been used among the people for the treatment of nail fungus, head lice, warts, ear cleaning and outer ear infections. Consumers generally prefer natural preservative methods to prevent the development of foodborne pathogenic microorganisms. Organic acids and mainly acetic acid in vinegar cause bacterial cell death by acting on the cell membranes of microorganisms. Vinegar, also known as acetic acid among natural products, contains disinfecting properties (Nascimento et al., 2003; Saqib, 2017).

Recently, various vinegars have been prepared by using different yeasts at home due to its contribution to the development of the immune system along with its use for seasoning purposes. Although the substrates and final products show some differences in homemade vinegar production, the process always includes alcohol and acetic acid fermentation, which are the main stages of vinegar production (Rosma et al., 2016; Kılıç and Şengün, 2021). There is limited information on traditional homemade vinegars produced from different types of raw materials. Apple species such as Fuji, Catarina, Golden Delicious, and Ida Red show differences in terms of chemical composition and phenolic content. In addition, the polyphenolic content is higher in the peel compared to apple pomace, as it is mostly found in the peel (Tsao et al., 2005; Vieira et al., 2009; Du et al., 2020). In addition, the production methods and raw materials used in vinegar production can also cause differences in the phenolic composition of vinegar (Budak and Güzel-Seydim, 2010; Bakır et al., 2016; Anonymous, 2022). Many studies have shown that the presence of phenolic compounds in vinegar supports antibacterial activity (Kara et al., 2021; Ousaaïd et al., 2022). Some researchers report that different types of vinegar effectively inhibit the growth of foodborne pathogens, including *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium* and *Staphylococcus aureus* were used for disinfection of food preparation surfaces and equipment (Karabıyıklı and Şengün, 2017). In this study, based on the a fore mentioned promising health and food safety properties of vinegar products, it is from the Black Saki

apple, an endemic apple variety that grows in eastern Turkey and has two types as Black Sakı and White Sakı (Gökşen and Keleş, 2020). It was aimed to elucidate the antimicrobial activities and mechanisms of action of 6 different Kara Sakı vinegar samples were produced using different yeasts by comparing them with commercial apple cider vinegar samples. In order to determine the antimicrobial activity, gram positive and gram negative bacteria were tried to be selected, which cause the most infections in humans. Standard ATCC strains (ATCC®, American Type Culture Collection) whose resistance profiles are known all over the world were used for standardization of results and comparisons.

Material and Method

Within the scope of the study, Black Sakı Apple grown under organic conditions for vinegar production was selected from Elmaköy Village of Erzincan province in September 2021 and stored until the production time. Yeast substances in vinegar production; for vinegar production, lyophilized yeast of *Saccharomyces cerevisiae*, which was purchased from Pak Maya used with an initial count of 10^7 cfu/mL as the first yeast Organic Kavılca wheat was obtained from a local production in Hacipiri village of Akyaka district of Kars. Chickpea, barley, organic honey, molasses, and ready-made vinegar were obtained from local companies, while apple cider vinegar, traditionally produced from the same type of apple, was procured from the manufacturer and used in production. In addition, the whey obtained by producing cheese was used in the production of vinegar.

Vinegar Production

Traditionally produced from apples, Black Sakı apple cider vinegar was produced as two samples for each fermentation culture. The vinegar production flow chart was given in Figure 1. Briefly, in the production of vinegar by the slow method, some modifications were made to the method reported by Aktan and Yıldırım (2011). To produce vinegar, 350 grams of sliced apple after stem and seed separation. The mixture was then weighed into 1-liter glass jar for each trial. In another sterile beaker, 0.3 g of Pak Maya brand *Saccharomyces cerevisiae*, 2.5% chickpea, 2.5% barley, 2.5% buckwheat, 2.5% whey, natural vinegar and commercial vinegar were taken. Then except for natural vinegar and commercial vinegar they were added to the jar and mixed (2.5% honey + 2.5% molasses). In the next process, 15 ml vinegar and drinking water up to the neck level of the jar was added to the jar and mixed with the help of a spoon to ensure homogenization. The mouth of each jar was wrapped with cheese cloth and covered in an oxygen-proof way with the help of parafilm, this stage was and left for ethyl alcohol fermentation at 25°C. Then, mixing process was applied every day until the shells collapsed to the bottom. After the shells settled to the bottom, vinegar (15 mL) was added and mixed again and left to acetic acid fermentation (25°C) with only cheese cloth at the mouth. The step up to the ethyl alcohol production was the oxygen-free step, and the acetic acid production step was the oxygen step after observing the formation of mother of vinegar in the jar during fermentation and the collapse of this mother of vinegar, the vinegar produced

was filtered with the help of cheese cloth. Vinegar production was carried out in two parallels in all apple varieties and the pictures of the production stage were given in Figure 2. Vinegar samples were prepared for analysis by filtering through a 0.45 µm membrane filter before had used in the tests.

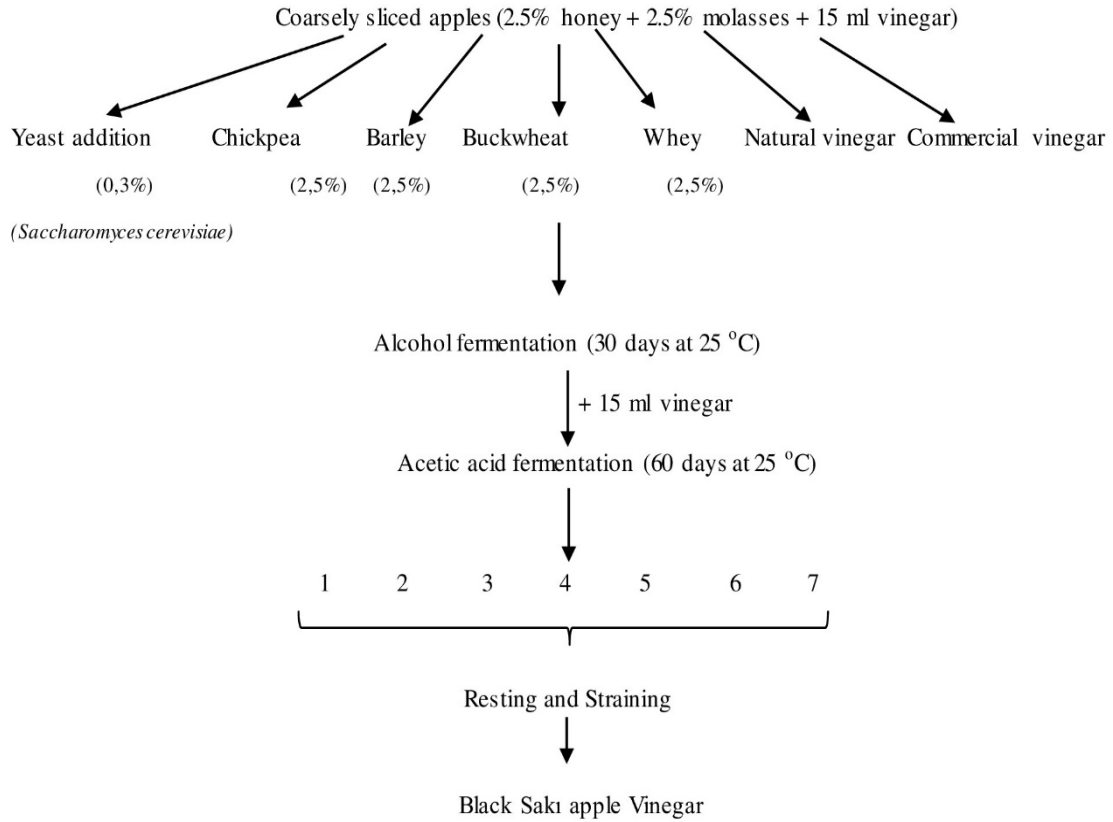


Figure 1. Flow chart of Kara Sakı vinegar samples



Figure 2. Vinegar production stages

Antimicrobial Analysis

The vinegar samples produced in the study and the test microorganisms was given in Table 1. For the evaluation of antimicrobial activity, *E. faecalis* ATCC 29212, *S. aureus* ATCC 29213, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 8739, *E. coli* (colistin R) ATCC 19846, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 standard strains were used.

Clinical isolates of microorganisms were obtained from Erzincan Binali Yıldırım University Faculty of Medicine Microbiology laboratory. Standard strains were first transferred to Brain heart infusion broth (bio Merieux, France) medium and incubated for 1 night, then passaged into media with 5% sheep blood (bioMerieux, France), and then inoculated from fresh passages into brain heart infusion broth (bioMerieux, France) media. Standard strains inoculated into Brain heart infusion broth (bioMerieux, Fransa) media were prepared using DensiCHEK™ Plus densitometer device (bioMerieux, Fransa) at 0.5 McFarland turbidity standard (1.5×10^8 microorganisms per ml). These prepared bacterial suspensions were used in liquid microdilution method and disk diffusion method to investigate the antimicrobial effect of vinegar samples.

Table 1. Vinegar samples by groups, test microorganisms and antibiotics used

Vinegar code	Different yeasts used in vinegar production	
Vng 1	0.3% <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
Vng 2	Chickpea	
Vng 3	Barley	
Vng 4	Buckwheat	
Vng 5	Whey	
Vng 6	Organic household vinegar	
Vng 7	Commercial vinegar	
Test microorganisms		Antibiotics
P ₁	<i>E. faecalis</i> ATTC 29212	Ampicillin
P ₂	<i>S. aureus</i> ATTC 29213	Vancomycin
P ₃	<i>S. aureus</i> ATTC 25923	Vancomycin
P ₄	<i>E. coli</i> ATTC 25922	Ertapenem
P ₅	<i>E. coli</i> ATTC 8739	Ertapenem
P ₆	<i>E. coli</i> (colistin R) ATTC 19846	Ertapenem
P ₇	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATTC 700603	Ertapenem
P ₈	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Enteritidis ATCC 13076	Ampicillin
P ₉	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC 27853	Meropenem

Liquid Microdilution Method, Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) Detection (this section was re named)

For antimicrobial tests, sterile microdilution plates with 96-well U-bottom wells were used. Serial dilutions of vinegars whose antimicrobial activity was investigated were done with brain heart infusion broth (bio Merieux, France). 200 microliters of 7 different vinegar samples were added to the first wells and 100 microliters of Brain heart infusion broth (bioMerieux, France) was added to the next wells. Then, 100 microliters were taken from the first wells and placed in the second wells and pipetted, and the vinegar sample was diluted in half. This process was continued by reducing the vinegar concentration by half. Then, standard bacterial suspensions prepared in 0.5 McFarland turbidity standard were added to these wells. In addition, the last three wells were designed as follows: only vinegar was placed in the first well, broth, which was a positive control with pathogen added to the second well, and brain heart infusion broth, which was used as a negative control, was placed in the last well. Following this procedure, the plates were incubated for 24 hours at 150 rpm at 35 degrees using a heidolph brand shaking incubator device (Germany), (Figure 3). After the MIC values were determined, 10-microliter passages were made on 5% sheep blood agar medium and incubated for another 24 hours, then the last well without growth was detected and MBC values were determined.

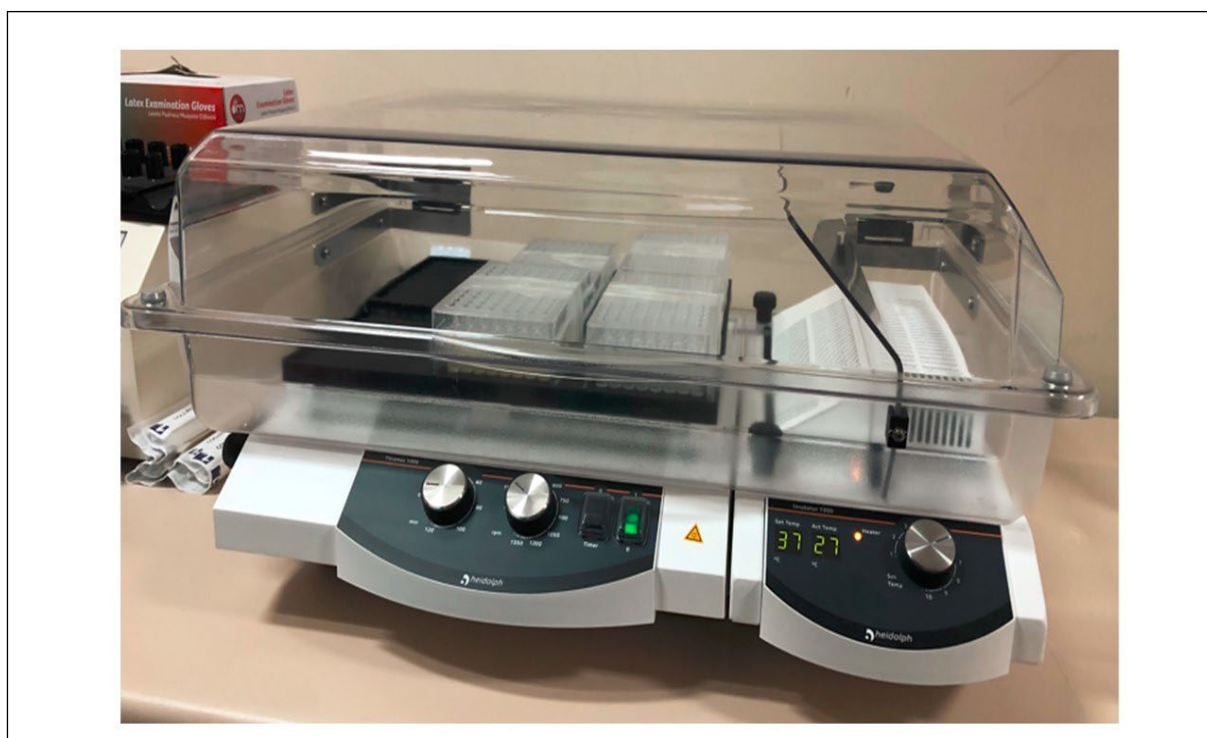


Figure 3. Incubation of apple vinegar samples in the shaking incubator

Preparation of Discs and Disc Diffusion Method

Vinegar samples, after passing through a 0.2 µm filter (Minisart Syringe Filter, Cellulose Acetate, Sartorius Stedim Biotech), were absorbed into 6 mm diameter sterile empty discs (Oxoid) as 20 µL. Ampicillin (AMP, 10 µg/disc, Oxoid) and gentamicin (CN, 10 µg/disc, Oxoid) discs were used as positive control, and sterile water-impregnated discs were used as negative control. Mueller Hinton Agar media (Biomerieux), vinegar-impregnated discs (Oxoid), and standard bacterial suspensions prepared in 0.5 McFarland turbidity standard were used for the disc diffusion method (Figure 4). The prepared bacterial suspensions were spread on the surface of the medium with sterile cotton swabs, and discs impregnated with vinegar were placed within 15 minutes. Vinegar-impregnated discs were placed on the media inoculated with the test microorganisms, with a minimum distance of 24 mm from each other and 18 mm from the petri dish. After this procedure, the petri dishes were incubated at 37 degrees. After 24 and 48 hours, the zone diameters were measured, and the results were evaluated.



Figure 4. Disk diffusion process

Results and Discussion

Different microorganism's standard strains, which were *E. faecalis* ATCC 29212, *S. aureus* ATCC 29213, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 8739, *E. coli* (colistin R) ATCC 19846, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 were used to observe the antimicrobial effect of Black Sakı apple vinegar. MIC and MBC values of vinegar samples prepared from different raw materials were given on the plates presented in Figure 5.

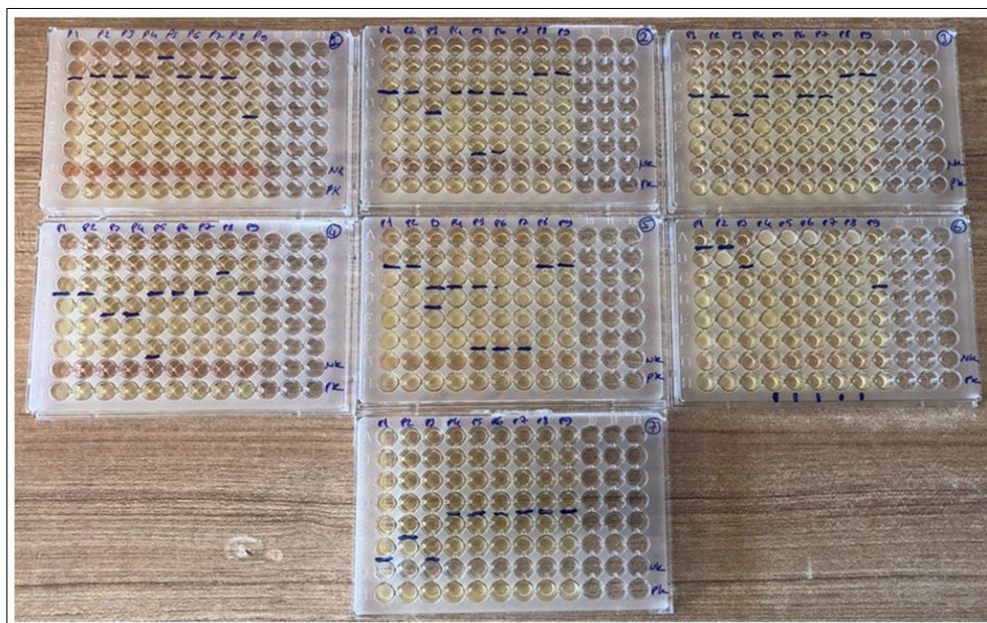


Figure 5. Plates were used in MIC and MBC evaluation

MIC and MBC values obtained with vinegars against standard strains were investigated. Considering the *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 278536 strain, the most effective vinegar was vinegar number 7 with MIC values at 1/32 dilution and MBC at 1/4 dilution. This was followed by MIC at 1/4 dilution and MBC in the first well without dilution, followed by vinegar samples 2, 3, 4 and 6. The MIC value in vinegars 1 and 5 was obtained at 1/2 dilution, and the MBC value in the first well without dilution was found in the 5th vinegar, while the MBC value could not be determined in the vinegar number 1, Table 2.

Table 2. MIC and MBC breakpoint values obtained against standard strains

Pathogenic bacteria	Vinegar	MIC value dilution	MBC value dilution	Disc Diffusion
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 278536	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/4	1	-
	Vng 3	1/4	1	-
	Vng 4	1/4	1	-
	Vng 5	1/2	1	-
	Vng 6	1/4	1	-
	Vng 7	1/32	1/4	8
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 70063	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/4	1	-
	Vng 3	1/4	1/2	-
	Vng 4	1/4	1	-
	Vng 5	1/2	1	-
	Vng 6	1/4	-	-
	Vng 7	1/16	1/2	8

Tablo 2. Devamı

<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/8	1	-
	Vng 3	1/8	1	-
	Vng 4	1/8	1	-
	Vng 5	1/8	1	-
	Vng 6	1/8	1	-
	Vng 7	1/32	1/4	10
<i>Escherichia coli</i> (colistin R) ATCC 19846	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/4	1	-
	Vng 3	1/4	1	-
	Vng 4	1/8	1	-
	Vng 5	1/4	1	-
	Vng 6	1/8	-	-
	Vng 7	1/8	1/4	10
<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Enteritidis ATCC 13076	Vng 1	1	-	-
	Vng 2	1/4	1	-
	Vng 3	1/2	1	-
	Vng 4	1/4	1	-
	Vng 5	1/4	1	-
	Vng 6	1/8	-	-
	Vng 7	1/8	1/4	-
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/4	1	-
	Vng 3	1/4	1	-
	Vng 4	1/4	1	-
	Vng 5	1/32	1	-
	Vng 6	1/32	-	-
	Vng 7	1/8	1/4	12
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/4	1	-
	Vng 3	1/4	1	-
	Vng 4	1/4	-	-
	Vng 5	1/4	1	-
	Vng 6	1/4	-	-
	Vng 7	1/8	1/4	12
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213	Vng 1	1/2	-	-
	Vng 2	1/2	1	-
	Vng 3	1/2	1	-
	Vng 4	1/2	-	-
	Vng 5	1/2	1	-
	Vng 6	1/2	-	-
	Vng 7	1/8	1/4	10
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	Vng 1	1/8	-	-
	Vng 2	1/2	-	-
	Vng 3	1/2	-	-
	Vng 4	1/4	-	-
	Vng 5	1/2	-	-
	Vng 6	1/4	-	-
	Vng 7	1/8	1/2	-

When looked at *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063 strain, vinegar number 7 was found to be the most effective vinegar with MIC value at 1/16 dilution and MBC value at 1/2 dilution. This was followed by the example of vinegar 3 with MIC at 1/4 dilution and MBC at 1/2 dilution. This was followed by vinegars 2 and 4 with 1/4 MIC and MBC values in the first well without dilution. Then, while the MIC value was determined in 1/4 dilution in vinegar number 6, the MBC value could not be determined. In addition, the MIC value was determined in vinegar number 5 at 1/2 dilution, and the MBC value was found in the first well without dilution, Table 2.

When MIC and MBC values were examined against *Escherichia coli* ATCC 25922 strain, it was observed that the most effective vinegar was 7 number sample with MIC value in 1/32 dilution and MBC value in 1/4 dilution. Vinegars numbered 2, 3, 4, 5, 6 showed equal effects with MIC and 1 MBC values at 1/8 dilution. The least effective vinegar, on the other hand, was the vinegar sample number 1 with the MIC value at 1/2 dilution without the MBC value, Table 2.

When we looked at the ATCC 19846 of *Escherichia coli* (colistin R), which was a more resistant strain, the most effective vinegar was vinegar number 7 with MIC values at 1/8 dilution and MBC at 1/4 dilution.

Considering only the MIC values, it was observed that the MIC value in 1/8 dilution and the vinegar number 7 had the same MIC value as the vinegars numbered 4 and 6. Considering the MBC values, vinegar sample number 4 with MIC values in 1/8 dilution and MBC values in the first well without dilution was followed by vinegar number 6 with MIC value at 1/8 dilution and no MBC value. This was followed by vinegars 2, 3 and 5 with MIC values in 1/4 dilution and MBC in the first well without dilution. The least effective vinegar, on the other hand, was vinegar number 1, which had an MIC value at 1/2 dilution without MBC value (Table 2).

Considering the *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 strain, vinegar number 7 was found to be the most effective with MIC value at 1/8 dilution and MBC value at 1/4 dilution, followed by vinegar number 6 with MIC value at 1/8 dilution without MBC value. In vinegar samples (2, 4 and 5) MIC values were determined at 1/4 dilution and MBC values in the first well without dilution.

In the vinegar sample number 3, MIC values were found at 1/2 dilution and MBC values were found in the first well without dilution. On the other hand, the least effective vinegar sample was the sample number 1 with the MIC value in the first well without the dilution without the MBC value, Table 2.

In *Escherichia coli* ATCC 8739 strain, MIC values were determined at 1/32 dilution in vinegars 5 and 6, unlike the others. However, when the MBC values were examined, MBC value was determined in the first well without dilution in vinegar number 5, but MBC value could not be determined in vinegar number 6. This was followed by the vinegar number 7. However, vinegar number 7 was found to be more effective than other vinegars with its MIC value in 1/8 dilution and MBC value in 1/4 dilution MIC values at 1/4 dilution and MBC values in the first well without dilution were determined in vinegars 2, 3 and 4. The vinegar sample that showed the least effect was vinegar number 1 with its MIC value at 1/2 dilution without determining the MBC value, Table 2.

In *Staphylococcus aureus* ATCC 25523 strain, number 7 was found to be the most effective sample with MIC values at 1/8 dilution and MBC at 1/4 dilution. This was followed by vinegar samples 2, 3 and 5, with MIC at 1/4 dilution and MBC values in the first well without dilution. In vinegar samples 4 and 6, MIC values were found at 1/4 dilution without MBC values. In addition, the least effective vinegar was the number 1 vinegar, and the MIC value was determined at 1/2 dilution without the MBC value, Table 2.

When looking at *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 strain, the most effective vinegar was found to be 7th vinegar with MIC values at 1/8 dilution and MBC at 1/4 dilution, followed by vinegars numbered 2, 3 and 5 with MIC values at 1/2 dilution and MBC in the first well without dilution. This was followed by vinegars 1, 4 and 6, whose MIC value were determined only at 1/2 dilution without MBC value, Table 2.

When the *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 strain was examined, vinegars 1 and 7 were found to be the most effective vinegars with a MIC value at 1/8 dilution, unlike the others. However, vinegar number 7 was found to be more effective than vinegar number 1 with its MBC value in 1/2 dilution, since vinegar number 1 did not have an MBC value. This was followed by vinegars 4 and 6 with MIC values at 1/4 dilution, and vinegars numbered 2, 3 and 5 with MIC values at 1/2 dilution, Table 2.

When we look at the results of the disk diffusion test, zone diameters could be obtained with vinegar number 7 in all standard strains except *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076. Discs prepared with other vinegars did not form zone diameters. Zone diameter values were not obtained in any of the vinegar samples in *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 strains. For vinegar sample number 7, zone diameters in order from largest to smallest were *Escherichia coli* ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC 25523, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Escherichia coli* ATCC 19846, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 278536, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063 (Figure 6). It was determined as 12, 12, 10, 10, 10, 8, 8 mm for the standard strains, respectively. While negative control discs did not create inhibition zone diameters, antibiotic discs used as positive control were found to be effective when evaluated according to CLSI criteria (CLSI, 2020). Zones of microbial growth inhibition was indicated by clear zones and vary with vinegar dilutions for each microbe.

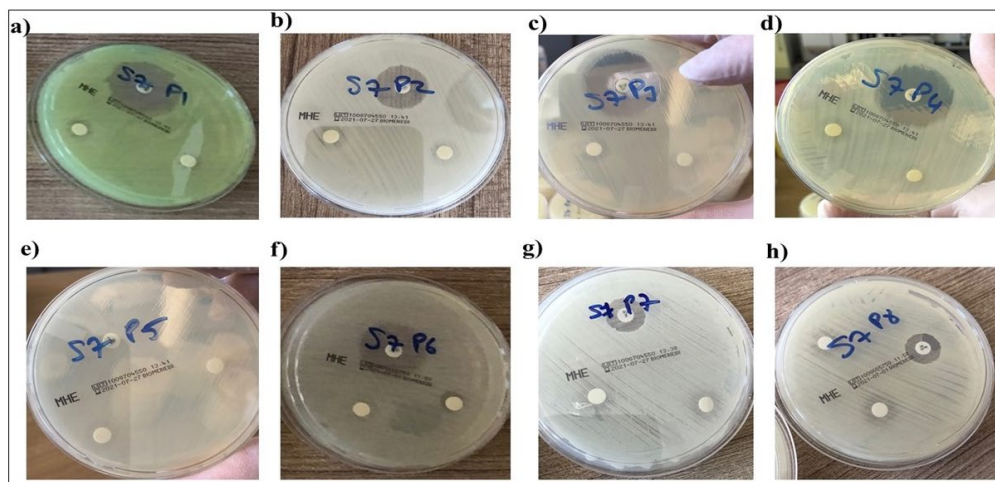


Figure 6. Effect of varying concentrations of vinegar 7 on microbial growth after incubation at 37 °C for 24 h. (a) *E. faecalis* ATCC 29212; (b) *S. aureus* ATCC 29213; (c) *S. aureus* ATCC 25923; (d) *E. coli* ATCC 25922; (e) *E. coli* ATCC 8739; (f) *E. coli* (colistin R) ATCC 19846; (g) *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; (h) *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076.

Numerous studies had shown that homemade vinegar provides broad antibacterial activity on food pathogens (Jančovska et al., 2015; Öztürk et al., 2015; Gökırmaklı et al., 2019; Kalaba et al., 2019; Şengün and Kılıç, 2020a). Vinegar was rich in polyphenols such as gallic, protocatechuic, chlorogenic, caffeic acids and organic acids such as citric, malic, tartaric, lactic, acetic and succinic acids, which show antimicrobial activity (Yagnik et al., 2018; Liu et al., 2019). Organic acids act by destroying the outer membrane of bacteria, inhibiting the synthesis of macromolecules, and increasing the intracellular osmotic pressure (Chen et al., 2016). Polyphenols acted by changing the permeability of the bacterial cell wall (Bouarab-Chibane et al., 2019). Anonymous (2022) had been suggested that the raw materials in vinegars were responsible for the changes in antimicrobial activities.

Yagnik et al. (2018) investigated the antimicrobial effect of commercial apple cider vinegar on *E. coli*, *S. aureus* and *C. albicans*, and determined the minimum inhibitory concentrations of apple cider vinegar as 250 µg/ml for *C. albicans*, 62 µg/ml for *E. coli* and 125 µg/ml for *S. aureus*. Researchers had reported that apple cider vinegar had a direct antimicrobial effect against pathogenic microorganisms. When Table 1 was examined, there were 6 different apple cider vinegars in which different yeast raw materials were used and 1 commercial apple cider vinegar was available. When the MIC and MBC values obtained from vinegars against the standard strains in our study were examined, it was seen that the most effective vinegar for *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 278536 was vinegar number 7 with MIC values at 1/32 dilution and MBC at 1/4 dilution. Then, it was seen that MIC in 1/4 dilution and MBC in the first well without dilution followed by vinegar samples 2, 3, 4 and 6. The MIC value in vinegars 1 and 5 was obtained at 1/2 dilution, and the MBC value in the first well without dilution was found in the 5th vinegar, while the MBC value could not be determined in the vinegar number 1, Table 2. In addition, for the vinegar sample number 7, the zone diameters from largest to smallest were

Escherichia coli ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC 25523, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Escherichia coli* ATCC 19846, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 278536, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063. These zone diameters were determined as 12, 12, 10, 10, 10, 8, 8 mm, respectively. The high antibacterial activity of vinegar number 7 suggests that it is due to the high amount of acetic acid found in industrial vinegar samples. Indeed, diluted organic acids and highly acidic liquids such as vinegar could inhibit microbial growth or survival, depending on their acidity levels. Weak acids, including acetic acid, exert their antimicrobial activity by switching the microbial membrane to its undissociated form and dissociating according to intracellular pH and releasing a proton in the cytoplasm (Salmond et al., 1984). It had been reported that vinegars containing a significant amount of acetic acid had strong antimicrobial activity against bacteria and fungi (Karapınar and Gönül, 1992; Wen-qiao et al., 2005; Öztürk et al., 2005; Medina et al., 2007; Pinto et al., 2008).

When viewed at *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063, one of our current strains, vinegar number 7 was found to be the most effective vinegar. This was followed by vinegar samples 3, 2 and 4. While the MIC value was determined in ¼ dilution in vinegar number 6, the MBC value could not be determined. In addition, the MIC value was determined in vinegar number 5 at ½ dilution and the MBC value in the first well without dilution, Tablo 2. All results were showed that the antimicrobial activity of vinegar might vary depending on the test culture, total phenolic content and acidity amounts of vinegar. Actually, Bakır et al. (2017) reported that balsamic vinegar showed the highest antimicrobial activity (16 mm) against *S. typhimurium*, while pomegranate vinegar showed the highest activity on *S. aureus* (13 mm) and *E. coli* (14 mm). In another study, it was found that mulberry vinegar showed the highest antimicrobial activity in the disc diffusion and microdilution test against various microorganisms such as *Candida albicans*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *Erwinia carotovora*, *E. coli*, *Klebsiella oxytoca*, *S. aureus* and *Streptococcus pyogenes*. Among these strains the highest antimicrobial activity was seen againts on *S. aureus* (inhibition zone: 28mm) (Karaağaç et al., 2016).

When MIC and MBC values were examined against *Escherichia coli* ATCC 25922 strain, which was our other bacterial species in our study, it was observed that the most effective vinegar was vinegar number 7 with MIC value in 1/32 dilution and MBC value in ¼ dilution. Vinegars numbered 2, 3, 4, 5, 6 showed equal effects with MIC and 1 MBC values at 1/8 dilution. On the other hand, the least effective vinegar was the vinegar sample number 1 with the MIC value at ½ dilution without the MBC value, Table 2. When the ATCC 19846 of *Escherichia coli* (colistin R), which was a more resistant strain, was examined, the most effective vinegar was vinegar number 7 with MIC values at 1/8 dilution and MBC at ¼ dilution. Considering only the MIC values, it was observed that the MIC value in 1/8 dilution and the vinegar number 7 had the same MIC value as the vinegars numbered 4 and 6. Considering the MBC values, vinegar sample number 4 with MIC values in 1/8 dilution and MBC values in the first well without dilution was followed by vinegar number 6 with MIC value at 1/8 dilution and no MBC value Vinegar number 6 was followed by vinegars numbered 2, 3 and 5 with MIC values in ¼ dilution and MBC values in the first well without dilution. The least effective vinegar, on the other hand, was vinegar number 1, with an MIC value at ½ dilution without MBC value, as in *Escherichia coli* ATCC 25922, Table 2.

In *Escherichia coli* ATCC 8739 strain, MIC values were determined at 1/32 dilution in vinegars 5 and 6, unlike the others. However, when the MBC values were examined, MBC value was determined in the first well without dilution in vinegar number 5, but MBC value could not be determined in vinegar number 6. This was followed by the circus number 7. However, vinegar number 7 was found to be more effective than other vinegars with its MIC value in 1/8 dilution and MBC value in ¼ dilution. MIC values at ¼ dilution and MBC values in the first well without dilution were determined in vinegars 2, 3 and 4. The vinegar sample that showed the least effect was vinegar number 1 with its MIC value at ½ dilution without determining the MBC value, Table 2. Indeed, Hammouda et al. (2021) in their study using the well diffusion experiment was found that it had antibacterial activity of four vinegar samples such as grape, fig, prickly pear and date vinegar from various regions of Tunisia against three-gram positive *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 25912) and *Listeria monocytogenes* (ATCC 15313) and one gram negative (*Escherichia coli* ATCC 25922) strains. Date vinegar showed the most effective inhibition of *S. aureus* with a zone diameter of 24 ± 1.42 mm, and Grape vinegar showed the smallest inhibition zone (10 ± 1.42 mm). In addition, grape vinegar was only able to inhibit the growth of *S. aureus*, unlike other vinegar samples that inhibited the growth of all pathogenic bacteria tested. In the study, *E. coli* was observed as the most sensitive strain to all vinegar samples. This activity was mainly due to the acidic origin of the samples (pH values between 3.61 and 4.08) and this was confirmed by testing the antibacterial activity of neutralized vinegars at pH 6.5 where no activity was detected. In addition, it was known that acetic acid, the main compound in vinegar samples, had strong antimicrobial activity against bacteria (Medina et al., 2007). In our study, it was thought that there might be several reasons for the different antibacterial effect of apple cider vinegar made with different yeast raw materials on *E. coli* strains. One of them was thought to be the acetic acid content, which is the most important quality criterion of vinegars. Acetic acid usually lowers the pH of the medium. It had also been found that acetic acid passes through the cell wall and penetrates the cell and denatures the plasma. Since the antimicrobial effect of acetic acid occurs with its undissociated molecules, the effect of acetic acid increases as the pH of the environment decreases. Acetic acid has a greater antimicrobial effect against bacteria. The second one might be due to the phenolic content of Kara Sakı apple. Thus, it had been reported in studies that vinegar varieties are rich in phenolic compounds that indicate antimicrobial and antioxidant activity (Karabıyıklı and Şengün, 2017). These results were agreed with our study.

Considering the *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 strain, vinegar number 7 was found to be the most effective with MIC value at 1/8 dilution and MBC value at ¼ dilution, followed by vinegar number 6 with MIC value at 1/8 dilution without MBC value. In vinegar samples 2, 4 and 5, MIC values were determined at ¼ dilution and MBC values in the first well without dilution. In the 3rd vinegar sample, MIC values were found in 1/2 dilution and MBC values in the first well without dilution. On the other hand, the least effective vinegar sample was sample number 1 with MIC value in the first well without dilution without MBC value, Table 2. In the study conducted by Hindi (2013), antibacterial effects of the garlic-apple cider vinegar mixture and apple cider vinegar alone were investigated on *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*,

Pseudomonas fluorescence, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *E. coli*, *Salmonella typhi*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* and *Acinetobacter*. It was observed that the product obtained with the mixture of apple cider vinegar and garlic on all microorganisms had higher antimicrobial activity than only apple cider vinegar. While the inhibition zone of the mixture varied between 25-50 mm, it was determined that apple cider vinegar alone had an inhibition zone between 6-15 mm. Actually, since different yeast raw materials were used in our study, different antibacterial effects depending on the content of yeast raw materials were the expected possible results of our study and these results support the results we obtained from our study. In both *Staphylococcus aureus* ATCC 25523 and *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, vinegar number 7 was found to be the most effective with MIC values at 1/8 dilution and MBC at 1/4 dilution, followed by *Staphylococcus aureus* ATCC 25523 with MIC values at 1/4 dilution in 2 wells and without MBC in 3 wells without dilution and vinegar examples number 5 followed. In *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 strains vinegars numbered 2, 3 and 5 were followed by MIC values at 1/2 dilution and MBC values in the first well without dilution. MIC values of *Staphylococcus aureus* ATCC 25523 strain at 1/4 dilution were found in vinegar samples 4 and 6 without MBC values. In addition, the least effective vinegar was the number 1 vinegar, and the MIC value was determined at 1/2 dilution without the MBC value. In *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, vinegars numbered 1, 4 and 6, whose MIC value was determined only in 1/2 dilution without MBC value, Table 2. In fact, Şengün and Kılıç (2018) examined the antimicrobial effects of homemade mulberry and fig vinegars against the pathogens *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhimurium*. While fig and mulberry vinegars were showed a similar effect on *E. coli* O157:H7 and *S. aureus*. They showed different effects on *L. monocytogenes* and *S. typhimurium*. These results support our study.

When the *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 strain was examined, vinegars 1 and 7 were found to be the most effective vinegars with a MIC value at 1/8 dilution, unlike the others. However, vinegar number 7 was found to be more effective than vinegar number 1 with its MBC value in 1/2 dilution, since vinegar number 1 did not have an MBC value. This was followed by vinegars 4 and 6 with MIC values at 1/4 dilution, and vinegars numbered 2, 3 and 5 with MIC values at 1/2 dilution, Table 2. As a matter of fact, like our study, Şengün and Kılıç (2018) examined the antimicrobial properties of mulberry vinegars (homemade and commercial). In their study, they worked with different microorganisms such as *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* Scott A, *S. typhimurium* NRRLB 4420 and *S. aureus* 6538 P, *Bacillus subtilis* ATCC 6037, *E. coli* ATCC 1103, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 and *Pediococcus acidilactici* ATCC. Commercial vinegar sample showed antimicrobial effect on all the tested microorganisms, but they found that the antimicrobial effect of household vinegar was limited. When evaluated in general, vinegar number 7 was determined as the most effective vinegar sample against all standard strains. Vinegar number 1 was the weakest vinegar sample against all standard strains except for *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. On the other hand, vinegar number 1 was also one of the 2 most effective vinegars against *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 strain. It was thought that this effect might be due to the use of *Saccharomyces cerevisiae*, which was used as a yeast raw material in vinegar production, Table 2. In addition, while vinegar samples had MIC values, the absence of MBC values means that they only provide a

bacteriostatic effect. It was determined that vinegar samples 1 and 6 generally showed a bacteriostatic effect, Table 2.

When we look at the results of the disk diffusion test, zone diameters were obtained from industrial vinegar number 7 for all strains except for *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076. Discs were prepared with other Kara Sakı apple vinegars did not form zone diameters. It was thought that this result was due to the amount of acetic acid in the industrial vinegar. In fact, Şengün and Kılıç (2020b) also found that the antimicrobial effect of traditional household vinegar was lower than that of industrial vinegar. Similarly, Chang and Fang (2007) applied commercial rice vinegar containing 5% acetic acid (pH 3.0) within 5 minutes in their study in which they contaminated the pathogens *E. coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* (10^7 cfu/g) with lettuce samples. They determined that it caused a decrease of 3 log units in the *E. coli* O157:H7 population. They reported that commercial rice vinegars containing lower acetic acid (0.05%; pH 4.09 and 0.5%; pH 3.26) did not have an inhibitory effect on *E. coli* O157:H7. These results agreed with our study result.

Conclusion

As a result, Kara Sakı apple vinegars included in the study differed in terms of antimicrobial activity. We could also say that these differences were due to the difference in the raw material used in the preparation of vinegar and the acidity regulator and additives used in its production. Commercial vinegar sample showed antimicrobial effect on all the tested microorganisms, but the antimicrobial effect of Kara Sakı apple vinegar samples obtained from different yeast samples was limited. In addition, in our study, it was thought that chickpea, buckwheat and barley raw materials with high phenolic content also affect on MIC and MBC values. The obtained results show that the Kara Sakı apple vinegar had a significant potential in terms of antimicrobial activity.

Acknowledgment

No ethics commission permission is required in this manuscript. The manuscript has been prepared in accordance with publication and research ethics. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article. FY and HK; production of kinds of vinegar and article language. FY and BG; supervision, planning, and resources scanning. FY and BG; methodology, laboratory studies, and writing-original draft preparation, data analysis. BG and HK; article revision.

References

- Aktan, N. and Yıldırım H. K. 2011. Sirke Teknolojisi, Sidas Medya, Yayın No: 11-1B, İzmir.
- Anonymous. 2022. <http://vetjournal.ankara.edu.tr/tr/download/article-file/1522746>. (Date of access: 05.03.2022). DOI: 10.33988/auvfd.865309
- Baba, N., Higashi, Y. and Kanekura, T. 2013. Japanese black vinegar “Izumi” inhibits the proliferation of human squamous cell carcinoma cells via necroptosis. *Nutrition and Cancer*, 65(7): 1093-1097.
- Bakır, S., Toydemir, G., Boyacıoğlu, D., Beekwilder, J. and Çapanoğlu, E. 2016. Fruit antioxidants during vinegar processing: Changes in content and in vitro bio-accessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(10): 1658.
- Bakır, S., Devocioğlu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancıoğlu-Güler, F. and Çapanoğlu, E. 2017. Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. *European Food Research and Technology*, 243(12): 2083-2094.
- Beh, B.K., Mohamad, N.E., Yeap, S.K., Ky, H., Boo, S.Y., Chua, J.Y.H. and Alitheen, N.B. 2017. Anti-obesity and anti-inflammatory effects of synthetic acetic acid vinegar and Nipa vinegar on high-fat-diet-induced obese mice. *Scientific Reports*, 7(1): 1-9.
- Bouarab-Chibane, L., Forquet, V., Lantéri, P., Clément, Y., Léonard-Akkari, L., Oulahal, N., ... and Bordes, C. 2019. Antibacterial properties of polyphenols: characterization and QSAR (Quantitative structure–activity relationship) models. *Frontiers in Microbiology*, 10: 829.
- Budak, H.N. and Güzel-Seydim, Z.B. 2010. Antioxidant activity and phenolic content of winevinegars produced by two different techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(12): 2021-2026.
- Chang, R.C., Lee, H.C. and Ou, A. S.M. 2005. Investigation of the physicochemical properties of concentrated fruit vinegar. *J Food Drug Anal* 13(4):348–356.
- Chang, J. M. and Fang, T. J. 2007. Survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against *E. coli* O157: H7. *Food Microbiology*, 24(7-8): 745-751.
- Charles, M., Martin, B., Ginies, C., Etievant, P., Coste, G. and Guichard, E. 2000. Potent aroma compounds of two red wine vinegars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:70–77.
- Chen, H., Chen, T., Giudici, P. and Chen, F. 2016. Vinegar functions on health: constituents, sources, and formation mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15: 1124e38.
- Chen, Y., Huang, Y., Bai, Y., Fu, C., Zhou, M., Gao, B. and Xu, N. 2017. Effects of mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* in alcoholic fermentation on the physicochemical and sensory properties of citrus vinegar. *LWT*, 84, 753-763.
- CLSI. 2020. CLSI M100-ED30:2020 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 30th Edition.

- Du, P., Zhou, J., Zhang, L., Zhang, J., Li, N., Zhao, C. and Wang, M. 2020. GC× GC-MS analysis and hypolipidemic effects of polyphenol extracts from Shanxi-aged vinegar in rats under a high fat diet. *Food & Function*, 11(9): 7468-7480.
- Gökırmaklı, Ç., Güzel-Seydim, Z.B. and Budak, H.N. 2019. Sirkenin Sağlık Üzerine Etkileri. *Gıda*, 44(6): 1042-1058.
- Gökşen, G. and Keleş, F. 2020. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Local Cultivar of Apple (*Malus domestica* Borkh) in East of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(9): 1976-1981.
- Hammouda, M.B., Mahfoudhi, A., Gharsallah, H., El Hatmi, H., Attia, H. and Azabou, S. 2021. Traditional homemade Tunisian vinegars: Phytochemical profile, biological, physicochemical and microbiological properties. *LWT*, 152: 112293.
- Han, K., Bose, S., Wang, J.H., Kim, B. S., Kim, M.J., Kim, E.J. and Kim, H. 2015. Contrasting effects of fresh and fermented kimchi consumption on gut microbiota composition and gene expression related to metabolic syndrome in obese Korean women. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59(5): 1004-1008.
- Hindi, N.K. 2013. In vitro antibacterial activity of aquatic garlic extract, apple vinegar and apple vinegar-garlic extract combination. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 1(1): 42-51.
- Ho, C.W., Lazim, A.M., Fazry, S., Zaki, U.K.H.H. and Lim, S.J. 2017. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. *Food Chemistry*, 221:1621-1630.
- Janchovska, E., Janchovska, M., Ristovski, B. and Bocevska, M. 2015. Antimicrobial and antioxidative activity of commercial versus traditional apple vinegar. In *International Conference on Sustainable Development, November* (Vol. 12, No. 15, pp. 28-32).
- Jiang, Y., Lv, X., Zhang, C., Zheng, Y., Zheng, B., Duan, X. and Tian, Y. 2019. Microbial dynamics and flavor formation during the traditional brewing of *Monascus* vinegar. *Food Research International*, 125: 108531.
- Johnston, C.S. and Gaas, C.A. 2006. Vinegar: medicinal uses and antiglycemic effect. *Medscape General Medicine*, 8(2): 61.
- Kalaba, V., Balaban, Ž.M. and Kalaba, D. 2019. Antibacterial activity of domestic apple cider vinegar. *Agrofor*, 4(1).
- Kara, M., Assouguem, A., Benmessaoud, S., Imtara, H., Mechchate, H., Hano, C., ... and Bahhou, J. 2021. The Impact of Apple Variety and the Production Methods on the Antibacterial Activity of Vinegar Samples. *Molecules*, 26(18): 5437.
- Karaağaç, R.A., Aydoğan, M.N. and Köseoğlu, M.S. 2016. An investigation on antimicrobial and antioxidant activities of naturally produced mulberry vinegar. *Journal of Pharmaceutical Biology*, 6: 34-39.
- Karabıyıklı, S. and Şengün, I. 2017. Beneficial effects of acetic acid bacteria and their food products. In *Acetic Acid Bacteria* (pp. 321-342). CRC Press.

- Karapınar, M. and Gönül, Ş.A. 1992. Effects of sodium bicarbonate, vinegar, acetic and citric acids on growth and survival of *Yersinia enterocolitica*. *International Journal of Food Microbiology*, 16(4): 343-347.
- Kılıç, G. and Şengün, İ.Y. 2021. Fig Vinegar as an Antioxidant and Antimicrobial Agent. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(4): 822-828.
- Liu, Q., Tang, G.Y., Zhao, C.N., Gan, R.Y. and Li, H.B. 2019. Antioxidant activities, phenolic profiles, and organic acid contents of fruit vinegars. *Antioxidants*, 8(4): 78.
- Medina, E., Romero, C., Brenes, M. and De Castro, A. 2007. Antimicrobial activity of olive oil, vinegar, and various beverages against foodborne pathogens. *Journal of Food Protection*, 70(5): 1194-1199.
- Mohamad, N.E., Yeap, S.K., Lim, K.L., Yusof, H.M., Beh, B.K., Tan, S.W. and Alitheen, N.B. 2015. Antioxidant effects of pineapple vinegar in reversing of paracetamol-induced liver damage in mice. *Chinese Medicine*, 10(1): 1-10.
- Nascimento, M.S., Silva, N., Catanozi, M.P.L.M. and Silva, K.C. 2003. Effects of different disinfection treatments on the natural microbiota of lettuce. *Journal of Food Protection*, 66(9): 1697-1700.
- Ousaaid, D., Laaroussi, H., Mechchate, H., Bakour, M., El Ghouizi, A., Mothana, R.A. and El Arabi, I. 2022. The Nutritional and Antioxidant Potential of Artisanal and Industrial Apple Vinegars and Their Ability to Inhibit Key Enzymes Related to Type 2 Diabetes In Vitro. *Molecules*, 27(2): 567.
- Öztürk, I., Çalışkan, O.Z.N.U.R., Tornuk, F., Özcan, N., Yalçın, H., Başlar, M. and Sağdıç, O. 2015. Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1): 144-151.
- Petsiou, E.I., Mitrou, P.I., Raptis, S.A. and Dimitriadis, G.D. 2014. Effect and mechanisms of action of vinegar on glucose metabolism, lipid profile, and body weight. *Nutrition Reviews*, 72(10): 651-661.
- Pinto, T.M.S., Neves, A.C.C., Leão, M.V.P. and Jorge, A.O.C. 2008. Vinegar as an antimicrobial agent for control of *Candida* spp. in complete denture wearers. *Journal of Applied Oral Science*, 16: 385-390.
- Rosma, A., Nadiyah, A.H.S., Raj, A., Supwat, T., Sharma, S. and Joshi, V.K. 2016. Acetic Acid Fermented Product. In *Indigenous Fermented Foods of South Asia*, Edited by V.K. Joshi, CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida, 598-635p.
- Salmond, C.V., Kroll, R.G. and Booth, I.R. 1984. The effect of food preservatives on pH homeostasis in *Escherichia coli*. *Microbiology*, 130(11): 2845-2850.
- Santos, H.O., de Moraes, W.M., da Silva, G.A., Prestes, J. and Schoenfeld, B.J. 2019. Vinegar (acetic acid) intake on glucose metabolism: A narrative review. *Clinical Nutrition ESPEN*, 32: 1-7.
- Saqib, A. 2017. Antimicrobial activity of apple cider vinegar. *Mapana Journal of Sciences*, 16(2): 11.
- Solieri, L. and Giudici, P. 2009. Vinegars of the World. In *Vinegars of the World* (pp. 1-16). Springer, Milano.
- Şengün, İ.Y. and Kılıç, G. 2018. Dut sirkesinin mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal, antiradikal ve antimikrobiyal özellikleri. *Akademik Gıda*, 16(2): 168-175.

- Şengün İ.Y. and Kılıç, G. 2020a. Total phenolic content and antibacterial activity of homemade fig and mulberry vinegar. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 9(1): 89-97.
- Şengün, İ. and Kılıç, G. 2020b. Survival of foodborne pathogens in homemade fig and mulberry vinegars. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(9): 1833-1839.
- Taş, A. and Güneşer, O. 2021. Fermentasyon ve Enzimatik Hidroliz Uygulanan Peynir Altı Sularının Bazı Biyoaktif Özellikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(2): 277-297.
- Tesfaye, W., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, M.C. and Troncoso, A.M. 2002. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1): 12-21.
- Tsao, R., Yang, R., Xie, S., Sockovie, E. and Khanizadeh, S. 2005. Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple?. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(12): 4989-4995.
- Vieira, F.G.K., Borges, G.D.S.C., Copetti, C., Amboni, R.D.D.M.C., Denardi, F. and Fett, R. 2009. Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh) grown in southern Brazil. *Scientia Horticulturae*, 122(3): 421-425.
- Wen-qiao, W., Xiao-mei, X., Jin-duo, L., Zhi-qiang, M., Xiu-ying, H, Xiao-feng, Z., Hong-xia, L. and Li-juan, K. 2005. Fungicidal activity of bamboo vinegar against several phytopathogenic fungi. *Acta Phytopathologica Sinica*, 35(6): 99-104.
- Xia, T., Zhang, J., Yao, J., Zhang, B., Duan, W., Zhao, C., ... & Wang, M. 2018. Shanxi aged vinegar protects against alcohol-induced liver injury via activating Nrf2-mediated antioxidant and inhibiting TLR4-induced inflammatory response. *Nutrients*, 10(7): 805.
- Xia, T., Zhang, B., Duan, W., Zhang, J. and Wang, M. 2020. Nutrients and bioactive components from vinegar: A fermented and functional food. *Journal of Functional Foods*, 64: 103681.
- Yagnik, D., Serafin, V. and Shah, A.J. 2018. Antimicrobial activity of apple cider vinegar against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*; downregulating cytokine and microbial protein expression. *Scientific Reports*, 8(1): 1-12.



Tere (*Lepidium sativum* L.) Tohumlarının Farklı Kurşun Konsantrasyonu Stresi ve Vermikompost Uygulamalarında Çimlenme ve Bazı Erken Gelişim Parametrelerinin Belirlenmesi^A

Sultan DERE¹, Hayriye Yıldız DAŞGAN²

Öz: Bu çalışma, Bu-Ter tere (*Lepidium sativum* L.) tohumlarına uygulama olarak ağır metal kurşunun farklı konsantrasyonları ve vermikompost uygulamasının çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkisi belirlenmesi amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışma Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan uygulamalar 0, 500, 1000, 1500 ppm, vermikompost, 500 ppm+vermikompost, 1000 ppm+vermikompost, 1500 ppm+vermikompost olarak belirlenmiştir. Petrilere tohumlar eklenmiş ve uygulamalar yapıldıktan sonra 22±1 °C sıcaklığa ayarlanmış etüve yerleştirilmiştir. Çalışma sonunda çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı (gün), çimlenme hızı (çimlenme indeksi), vigor indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu (cm), hipokotil çapı (cm), kök uzunluğu (cm), yaş ağırlık ve kuru ağırlık (mg) parametreleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Pb konsantrasyonu arttıkça çimlenme yüzdesinin azaldığı belirlenmiştir. En düşük çimlenme yüzdesine 1500 ppm Pb uygulamasında %60.75 olduğu belirlenmiştir. Ortalama çimlenme süresi bakımından, vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasındaki ortalama çimlenme süresini düşürdüğü ancak 1000 ppm Pb uygulamasında ise negatif etki yaparak ortalama çimlenme süresini arttırdığı belirlenmiştir. Çimlenme indeksinin en düşük 1500 ppm Pb uygulamasında 9.900 olduğu görülmüştür. En yüksek çimlenme enerjisinin 93.333 ile vermikompost uygulamasında, en düşük ise 500

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Sultan DERE, Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt, TÜRKİYE, sultan.dere@siirt.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5928-1060](https://orcid.org/0000-0001-5928-1060)

² Hayriye Yıldız DAŞGAN, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, dasgan@cu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0403-1627](https://orcid.org/0000-0002-0403-1627)

ppm kurşun uygulamasında 2.667 olarak belirlenmiştir. Vigor indeksi, boy uzunluğu, hipokotil çapı ve kök uzunluğunu en yüksek vermikompost uygulamasında olduğu görülmüştür. Fide yaş ve kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak Bu-Ter tere tohumunda uygulamaların belirli düzeylerde etkili olduğu ve elde edilen sonuçlar ışığında ileride tere genotip ve çeşitleri üzerine yapılacak olan daha geniş çaplı çalışmalara referans olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tere, kurşun stresi, vermikompost, çimlenme, organik gübre, abiyotik stres.

Determination of Germination and Some Early Growth Parameters of Cress (*Lepidium sativum* L.) Seeds under Different Lead Concentration Stress and Vermicompost Applications

Abstract: This study was carried out in three replications according to the randomized plot design in order to determine the effects of different concentrations of heavy metal lead and vermicompost application on germination and seedling growth parameters as an application of Bu-Ter cress (*Lepidium sativum* L.) seeds. The study was carried out in laboratory of Siirt University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. The applications used in the experiment were determined as 0, 500, 1000, 1500 ppm, vermicompost, 500 ppm+vermicompost, 1000 ppm+vermicompost, 1500 ppm+vermicompost. Seeds were added to the petri dishes and after the applications were made, they were placed in an oven set at 22±1 °C. At the end of the study, germination parameters such as germination percentage (%), average germination time (day), germination rate (germination index), vigor index, and seedling length (cm), hypocotyl diameter (cm), root length (cm), fresh weight and dry weight (mg) parameters were evaluated. According to the results obtained, it was determined that the germination percentage decreased as the Pb concentration increased. It was determined that the lowest germination percentage was 60.75% in 1500 ppm Pb application. In terms of average germination time, it was determined that the application of vermicompost together with Pb decreased the average germination time in 500 ppm Pb and 1500 ppm Pb applications, but increased the average germination time by having a negative effect in 1000 ppm Pb application. The lowest germination index was found to be 9.900 in 1500 ppm Pb application. The highest germination energy was determined as 93.333 in vermicompost application, and the lowest in 500 ppm lead application was determined as 2.667. Vigor index, height, hypocotyl diameter and root length were found to be highest in vermicompost application. It was determined that the difference between the applications in terms of seedling fresh and dry weight was not statistically significant. As a result, it is thought that the applications in Bu-Ter cress seeds are effective at certain levels and in the light of the results obtained, it is thought that it will be a reference for wider studies on the cress genotype and varieties in the future.

Keywords: Cress, lead stress, vermicompost, germination, organic fertilizer, abiotic stress.

Giriş

Bitkiler yetiştirme ortamlarında, büyüme ve gelişmeleri için uygun olmayan veya stres oluşturabilen faktörlerle karşılaşabilmektedirler. Bu faktörler arasında biyotik ve abiyotik faktörler olabilmektedir. Abiyotik stresler arasında yer alan ağır metal stresi önemli stres faktörlerinden biridir (Peterson ve Higley, 2001; Dere, 2020). Ağır metaller ekolojik dengeyi bozmakta, canlı büyüme ve gelişmesini etkilemektedir (Ruiz-Jiménez ve ark., 2003; Dere, 2019). Primer üreticiler olan bitkiler ağır metal kirliliğinden öncelikle etkilenen gruptur. Ağır metallerin bitki doku ve organlarında aşırı birikimi vejetatif ve generatif organların gelişiminde sorunlara neden olmaktadır (Gür ve ark., 2004; Okcu ve ark., 2009). Ağır metallerin toksik etkileri özellikle tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde önemlidir (Spona ve Baum, 1993; Terzi ve Yıldız, 2013; Dere, 2017). Bitki türlerinin ağır metal stresine tolerans düzeylerinin farklılık gösterdiği ve bunun tolerans mekanizmasıyla ilgili olduğu yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir. Hiperakümülatör ve metal stresine toleranslı türlerin toksisite eşik değerlerinin birbirinden farklı olduğu ve her metal türüne karşı bitki türlerinin farklı tepkiler verdiği ve metal stresine toleranslı türlerin toksisite eşik değerinin toleransı düşük türlerden daha yüksek olduğu bilinmektedir (Kranner ve Colville, 2011; Doğru ve ark., 2021).

Ağır metallerden kurşun (Pb) bir iz metal olup, yeryüzünde doğal kaynaklarda farklı formlarda bulunmakta ve birçok alana dağılmış halde olduğu bilinmektedir (Nriagu, 1992; Özyazıcı ve ark., 2017; Dere, 2019). İçme suyunda tavsiye edilen kurşun sınırı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından $10 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Doğal sularda bulunan kurşun ise $2-10 \mu\text{g L}^{-1}$ aralığındadır (Maratta ve ark., 2016). Şehirleşmenin ve endüstriyel atıkların yoğun olduğu alanlarda, sularda Pb düzeyleri ciddi boyutlara ulaşmış (Singh ve ark., 1997; Keser, 2005; Dere, 2019) ve insan faaliyetleri sonucunda da biyosfere Pb ağır metali yayılmıştır (Henssler ve Gospage, 1987; Dere, 2019).

Kurşun bitkiler için kuvvetli toksik elementlerden biridir. Bitkilerde kurşunun toksik etkisi, çok düşük dozlarında bile ortaya çıkabilmektedir. Bu durum bitkide farklı etkilere neden olmaktadır. Kurşun ağır metali, yaşlı yapraklarda solmaya, mitozun inhibe olmasıyla gövde ve kök büyümesinin engellenmesine sebep olmaktadır. Kloroplastlarda ATP sentezinin bozulmasına, fotosentezin inhibe olmasına, solunum, CO₂ fiksasyonuna ve su metabolizmasının bozulmasına, hücrede stomaların kapanmasına, hücre çeperlerinin esnekliğinin azalmasına, elektron transfer reaksiyonlarının, enzim aktivitelerinin olumsuz etkilenmesine, mitokondri, nükleus ve nükleik asit yapısının bozulmasına ve elektrolit dengesinin olumsuz yönde etkilenmesine ve hasarlara yol açtığı bilinmektedir (Bayçu, 1992; Aydın, 2011). Ayrıca bitki dokularında Pb birikimi fazla olduğu durumlarda; tohum çimlenmesinde (Azmat ve ark., 2006), fide büyümesinde (Kıran ve Munzuroğlu, 2004), mineral besin alınımında (Kopittke ve ark., 2007), terlemede (Rolfé ve Bazzaz, 1975), membranlardaki hasarlarda (Kennedy ve Gonsalves, 1989; Braz, 2005; Batır, 2014), hormon dengesinin bozulmasında ve su ilişkisinin değişmesinde (Zengin ve Munzuroğlu, 2004; Asri ve Sönmez, 2006) ortaya çıkan sorunlar da kurşunun etkileri arasına eklenebilir.

Bitkilerin yaşam döngüsünde en önemli aşamayı tohumlarda çimlenme oluşturmaktadır (Turhan ve Şeniz, 2010; Khan ve ark., 2000; Bradford, 1995). Çimlenme aşamasında meydana gelen streslerin çimlenmeyi

etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle Stres koşullarının varlığında çimlenmenin sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesinde ekim öncesi tohum priming uygulamaları yapılmakta ve başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Priming, bir örnek çimlenme, çimlenmenin ve çıkışın teşvikinde ticari olarak da kabul görmüş tohum uygulamalarının genel adıdır. Priming uygulamalarında KNO_3 , PEG, $CuSO_4$ ve GA_3 gibi farklı priming ajanları kullanılmaktadır (Mavi ve ark., 2006; Mavi ve ark., 2010; Patade ve ark., 2011). Günümüzde, tohum priming uygulamaları ile tohum ekimi ve fide çıkışı arasındaki dönemde karşılaşılan problemler azaltılabilmekte, çıkış süresi kısaltılabilmekte, uniform fide çıkışı sağlanabilmekte, düşük ve yüksek sıcaklık, termodormansi (Sung ve ark., 1998), tuzluluk gibi çeşitli abiyotik stres koşullarının çimlenme üzerine olumsuz etkileri azaltılabilmektedir (Khan, 1992). Ayrıca son yıllarda tarımsal üretimde ciddi sorunlara neden olan abiyotik streslerin etkin yöntemlerle kısa sürede çözülmesi, üretimde güvenilir ve uygulanabilir yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi önemlidir (Daşgan ve ark., 2010). Bu nedenle tarımsal üretimde abiyotik stres kaynaklı yaşanan olumsuzlukları azaltmak için birçok farklı strateji geliştirilmiştir. Bu stratejilerden biri, organik madde kullanımıyla abiyotik streslerin olumsuz etkilerini azaltmaktır.

Organik maddelerin birçok özelliğinden dolayı son yıllarda abiyotik stres faktörlerine karşı kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde abiyotik stres faktörlerine karşı kullanılan organik maddeler içerisinde yer alan sığır, koyun, keçi, at, tavuk, güvercin, yarasa, kaz, ördek, solucan, deniz yosunu gübresi, slampe, çay atığı, zeolit, leonardit, hümitik asit, fulvik asit, mikoriza ve bakteriler organik gübrelerin birçok özelliği vardır. Bu gübreler bitkisel üretimde verimliliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için toprağın organik madde içeriğinin ve besin elementi içeriğinin yeterli düzeyde olması için gerekmektedir. Çünkü tarım arazilerinde düşük organik madde içeriği verim kayıplarına neden olmaktadır (Dere, 2020).

Ayrıca son yıllarda ülkemizde ve dünyada organik tarım bilincini artırma ve sürdürülebilir tarımsal üretimi teşvik etme çabaları da önemli bir noktaya gelmiştir. Bu yaklaşıma paralel olarak organik atıklar da kısa sürede kullanılmaya ve kaliteli ürünlere dönüştürülmeye başlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda solucan gübresi son yıllarda oldukça yoğun olarak kullanılan gübreler arasına girmiştir. Solucan gübreleri, solucanlar kullanılarak organik atıkların kompostlaştırılarak solucan kompostları elde edilmesi sonucu üretilir. Solucanların sindirim sisteminden geçerek elde edilen ürünlere vermikompost, vermikest veya kest denir (Edwards ve Bohlen, 1996). Vermikompost üretimi, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği destekleyen bir uygulamadır. Solucan gübresi, içeriğinde bulunan yaklaşık %40 organik maddeden dolayı kirlilik ve düşük organik madde içeriğini önlemekte etkilidir. Zararlı mikroorganizmalar içermeyen, ortalama %15-2 azot, %25-41 fosfor ve %14-92 potasyum içeren organik bir gübre olan vermikompost, tarımsal üretim potansiyelini artırmaktadır (Bellitürk, 2016). Vermikompostun toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etkisi olduğu ve bu etkisinden dolayı bitki yetiştiriciliğinde yüksek verim ve kalite sağladığı bilinmektedir (Jat ve Ahlawat, 2006; Alam ve ark., 2007; Ali ve ark., 2007; Singh ve ark., 2008; Rangarajan ve ark., 2008). Gözenekli yapısı, yüksek havalandırma ve su tutma kapasitesi gibi özelliklere sahiptir. Vermikompostlar, büyüyen ortamda besin içeriklerini daha uzun süre korur. İnsan sağlığına zararlı hiçbir patojen veya kimyasal madde içermez. Bir diğer önemli özelliği ise kendi ağırlığının 2-3 katı su tutma kapasitesine sahip olması nedeniyle su tasarrufu sağlamasıdır (Hosseinzadeh ve ark., 2016; Kıran, 2019; Teke ve ark., 2019).

Tere Brassicaceae (Cruciferae) familyasına aittir. Cruciferae familyasının topraktan ağır metal alımında yüksek oranda etkili olduğu ve ağır metal toksisitesine karşı toleranslı olduğu bilinmektedir. Hiperakümülatör olarak da isimlendirilmektedir (Cunningham ve Ow, 1996).

Cruciferae familyasına ait tere bitkisi (*Lepidium sativum*) yenilebilir bir ottur (Umesha ve Naidu, 2012; Kabak ve ark., 2016). Asya kıtası anavatanıdır ve tek yıllık sebzeler grubunda yer almaktadır. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan tereler iki tiptir. Bunlar uzun-oval (roka yaprak) yapraklı, maydanoz tipi parçalı ve düz, parçasız yapraklı olanlardır. Tere bitkisi kök ve tohumdan üretimi yapılan, keskin kokulu ve baharatlı bir bitkidir. Çoğunlukla bir sebze olarak Avrupa ve ABD’de tüketilmektedir. İnsan sağlığına olumlu fizyolojik etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Terenin içeriğinde fenolik bileşiklerden Sinopoly glikoz (53.1 mg/100 g taze madde) bulunmaktadır. Fenolik bileşiklerin kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve prostat kanseri gibi bir çok hastalığa olumlu etkileri olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Dannehl ve ark., 2012; Kabak ve ark., 2016). Terenin, vücuttaki yağ yakımını hızlandırma, hazmı kolaylaştırma, idrar sökücü olma, iştah açma gibi özellikleri vardır, ayrıca safra kesesi ve karaciğer hastalıklarına faydalıdır (Aydın, 2011).

Standart laboratuvar çimlenme testleri, ekim ortamı uygun olduğunda partilerin fide çıkış kapasitesi hakkında bilgi alınabilen tohum kalitesi ölçüsünden biridir (ISTA, 2017). Açıkta üretim yapılan alanların yüksek ağır metal içermesi, düşük ve yüksek sıcaklıklar gibi çeşitli abiyotik stres faktörlerine maruz kalmaları bu alanlara tohum ekildiğinde ortaya çıkma potansiyelini belirlemek için tohumlara bu tür abiyotik streslerin uygulanması önem arz etmektedir. Bu çalışmada ağır metal kurşunun farklı konsantrasyonlarının ve sıvı vermikompostun tere tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisinin belirlenmesinin yanında kurşun ağır metaliyle birlikte uygulanan sıvı vermikompost etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışma Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bitki materyali olarak Bu-Ter tere çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşide ait tohumlar Bursa Tohumculuk firmasından temin edilmiştir. Bu-Ter tere çeşidinin tercih edilme nedeni ticari olarak kullanılıyor olmasıdır. Çalışmada farklı kurşun (Pb) konsantrasyonu one part per million (ppm) düzeyinde 0, 500, 1000, 1500 ppm olarak belirlenmiştir. Uygulama 0, 500, 1000, 1500 ppm, vermikompost, 500 ppm+vermikompost, 1000 ppm+vermikompost, 1500 ppm+vermikompost olarak düzenlenmiştir.

Yeşilvadi Tarım Organik Gübre Üretim Tesisi firmasından temin edilen sıvı vermikompostun içeriğinde(w/w-%) organik madde (%35), toplam azot (%0.26), organik azot (%0.15), toplam fosforpentaoksit (%1.5), suda çözünebilir potasyumoksit (%2.25), toplam humik+toplam fulvik asit (%4), maksimum EC 1.941 (µs/cm), pH 7-8 içeriğe sahiptir. Toprakdan, damlamadan ve yaprakdan uygulanabilen sıvı kompostun uygulama dozu olarak 1 dekar için önerilen gübre miktarı 300 cc olup, yaprakdan 150 litre suya, damlamadan ise 100 litre suya karıştırılarak uygulanması önerilmiştir. Bu uygulama dozu vermikompost konsantrasyonu olarak

hazırlanmıştır ve çalışmada uygulanmıştır. Kurşun konsantrasyonları detaylı literatür taraması ve ön denemeler yapılarak belirlenmiştir (İbrahim ve ark., 2011; Bafeel, 2010; Aydın, 2011; Özay, 2018).

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 25 adet tohum olacak şekilde düzenlenmiştir. Tere tohumlarının çimlendirilmesi için kullanılan petri kaplarının iç kısmının altına ve üstüne filtre kâğıdı yerleştirilmiştir. Petri kapları uygulamalara göre etiketlenmiştir. Tere tohumları filtre kâğıtlarının arasına konulduktan daha sonra uygulamalara göre her petri kapına 0, 500, 1000, 1500 ppm Pb, vermikompost, 500 ppm Pb+vermikompost, 1000 ppm Pb +vermikompost, 1500 ppm Pb+vermikompost olmak üzere 5 ml hazırlanan çözeltiler uygulanmıştır. Çözeltilerin uygulamadan sonra petri kapları kapalı olarak 22±1°C sıcaklık içeren karanlık koşullarda yetiştirme kabinine yerleştirilmiştir. Çalışmanın sonuna kadar petri kaplarına 24 saatte bir (petri kaplarındaki tohumların nem seviyelerine göre) 5 ml farklı konsantrasyonlardaki çözeltiler ilave edilmiştir.

Çalışma başladıktan 1 gün sonra sayım işlemine başlanmış ve her gün aynı saat ve aynı koşulda sayım işlemine devam edilmiştir. Çimlenen tohumların sayımları yapıldıktan sonra aynı ortamda tutulmuştur. Maksimum tohum çimlenmesinin gerçekleştiği 6. gün sayım işlemi yapılmış ve çalışma sonlandırılmıştır. Çimlenen tohumların yüzde oranları 6. günün sonunda sayım işlemi bitirildikten sonra hesaplanmıştır. Çimlenme kriteri olarak radikulanın belirgin olarak testadan çıkmış olması esas alınmıştır (İşlek ve ark., 2010).

Çalışma sonunda çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı (gün), çimlenme hızı (çimlenme indeksi), vigor indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu (cm), hipokotil çapı (cm), kök uzunluğu(cm), yaş ağırlık (mg) ve kuru ağırlık (mg) parametreleri değerlendirilmiştir.

Çimlenme Yüzdesi Parametresi

Çimlenen tohumların belirlenebilmesi için 24 saatte bir kontroller yapılmış ve çıkış yapan tohumlar sayılmıştır.

Çimlenen tohumların yüzdesi Scott ve ark. (1984)'nın yöntemiyle tohum sayım işlemi yapıldıktan sonra belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{ÇY} = \frac{(N\text{ÇS})}{(TS)} * 100 \quad (1)$$

ÇY: Çimlenme yüzdesi

NÇS: Normal çimlenen tohum sayısı

TS: Toplam tohum sayısı

Ortalama Çimlenme Süresi Parametresi

Tohumların çimlenme gününü tespit edilebilmek için ortalama çimlenme süresi parametresi kullanılmaktadır. Bu parametre Ellis ve Roberts (1981)'in aşağıdaki formülü baz alınarak hesaplanmıştır.

$$O\check{C}S = \sum \frac{(SiGi)}{Gi} \quad (2)$$

OÇS: Ortalama çimlenme süresi

Si: Gi gününde çimlenen tohumların sayısıdır.

Gi: çimlenmenin başlangıcından itibaren geçen gün sayısını ifade eder.

Çimlenme Üniformitesi

Bewley ve Black, (1994)'ın belirlediği yönteme göre çimlenme üniformitesi hesaplanmıştır.

$$\check{C}\check{U} = \frac{\sum s}{\sum [(O\check{C}Z-g)^2 s]} \quad (3)$$

ÇÜ: Çimlenme üniformitesi

g: Ekim günü olan 0. günden başlayarak gün cinsinden süredir.

s: g gününde çimlenmeyi tamamlayan tohum sayısıdır.

Çimlenme Hızı/ İndeksi Parametresi

Çimlenme hızı Abazarian ve ark. (2011)'a göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\check{C}H/I = \frac{S1}{G1} + \frac{S2}{G2} + \frac{S3}{G3} + \dots + \frac{Sn}{Gn} \quad (4)$$

ÇH/I: Çimlenme hızı

S: Çimlenen tohumların sayısıdır.

G: Çimlenme için gereken gün sayısıdır.

Vigor İndeksi

Vigor indeksi Hu ve ark. (2005) ve Prasad ve ark. (2012)'nin yöntemine göre aşağıdaki formüle hesaplanmıştır.

$$VI = \text{Çimlenme Oranı(\%)} * (\text{kök uzunluğu} + \text{gövde uzunluğu}) \quad (5)$$

VI: Vigor indeksi

Çimlenme Enerjisi

Çimlenme enerjisi Li ve ark.(2020)'nın yöntemine göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{ÇE} = (T1/N) \times 100 \quad (6)$$

ÇE: Çimlenme enerjisidir.

T1: Birinci günde çimlenen tohum sayısıdır.

N: Toplam tohum sayısıdır.

Fidede Yapılan Ölçümler

Gözlemler için fidelerin boy, çap ve kök örnekleri renkli tarayıcı (Iscan Color Mini Portable Scanner) ile 300 DPI çözünürlükte taranmıştır. Fide boyu, hipokotil çapı ve kök parametrelerinin hassas ve detaylı ölçümleri için ImageJ yazılımı (Rueden ve ark., 2017) kullanılmıştır (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021). Fide yaş ağırlıkları hassas terazi ile belirlenmiştir. Fide kuru ağırlığının belirlenmesi için örnekler 70°C'de etüvde 48 saat kurutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır.

İstatistiksel Analizler

Çalışmanın verilerinin istatistiksel analizi JMP5 paket programına göre yapılmıştır. Elde edilen veriler faktöriyel desende tesadüfi parsellere göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizinden önce yüzde ifade edilen verilere ArcSin dönüşümü uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar TUKEY HSD çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

Bulgular ve Tartışma

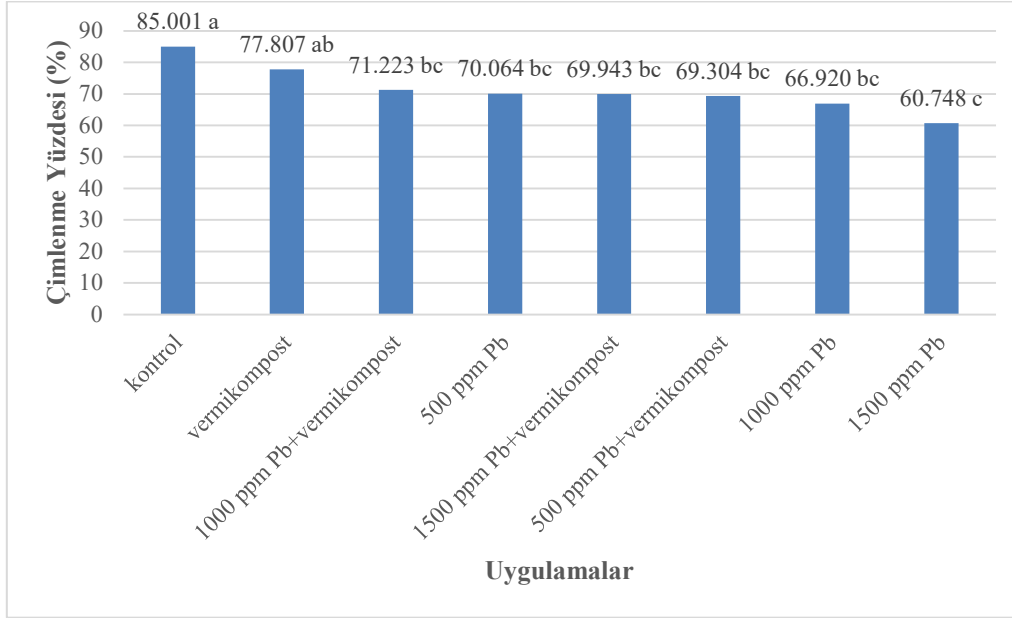
Tere yetiştiriciliğinde, ilkbahar ve yaz aylarında açık alan ekimlerinde, kış aylarında düşük plastik tünel ekimlerinde çıkış tahmininin değerlidir. Bunun yanında tohum gücü testleri de, standart çimlenme testlerine kıyasla elverişsiz ekim koşullarının tohum partilerinin nispi ortaya çıkma potansiyeli hakkında ek bilgi sağlamaktadır (TeKrony, 2003). Ayrıca tere gibi genç yaprakları tüketilen türlerin fide çıkış potansiyelinin belirlenmesi, hem tohum kalite değerlendirmesi hem de tarladaki verim potansiyeli hakkında bilgi vermektedir (Marcos-Filho, 2015). Bu nedenler ışığında bu çalışmada farklı Pb konsantrasyonları ve vermikompost uygulamasının Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı, çimlenme hızı (çimlenme indeksi), çimlenme enerjisi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu, hipokotil çapı, kök uzunluğu,

yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametreleri değerlendirilerek, kurşun ağır metali stresinde tohum çimlenme potansiyelinin ve vermikompostun kurşun ağır metalinin varlığında etkisi ortaya çıkarılmıştır.

Çimlenme Yüzdesi (%)

Farklı Pb metali konsantrasyonu ve vermikompost uygulamasında Bu-Ter tere çeşidi tohumlarının çimlenme yüzdesi Şekil 1’de verilmiştir. Çimlenme yüzdesi bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Sonuçlar değerlendirildiğinde Pb konsantrasyonu arttıkça çimlenme yüzdesinin azaldığı belirlenmiştir. En düşük çimlenme yüzdesinin %60.75 ile 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Pb ağır metaliyle birlikte uygulanan vermikompostun 500 ppm Pb hariç diğer Pb konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesini arttırdığı yani Pb ağır metalinin çimlenme yüzdesine olan olumsuz etkisini azaltmada vermikompost uygulamasının etkili olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek çimlenme yüzdesinin kontrolde olduğu bunu vermikompost uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. Bezelyede tohum çimlenme yüzdesinin yüksek Pb konsantrasyonlarında etkilendiği ve düşük konsantrasyon Pb^{2+} (1 mM) uygulamasında sadece çimlenmede gecikme olduğu belirtilmiştir (Deswal ve Laura, 2018). *Lupinus luteus* (Wozny ve ark., 1982), *Sesamum indicum* (Kumar ve Singh, 1991), *Sinapis alba* (Fargasova, 1994), *Lens esculenta* (Ayaz ve Kadioğlu, 1997), *Raphanus sativus* ve *Lactuca sativa* (Nwosu ve ark., 1995)’da kontrole kıyasla düşük konsantrasyonlarda Pb^{++} uygulamasının çimlenmeyi önemli oranda etkilemediği ve belirgin bir fark oluşturmadığı ancak yüksek Pb^{++} konsantrasyonlarında çimlenmenin engellendiği bildirilmiştir. *Phaseolis vulgaris*, *Pisum sativum* ve *Brassica napus* var. Zerowy tohumlarına uygulanan $10.000 \text{ mg dm}^{-3} Pb^{++}$ konsantrasyonunun çimlenmeyi önemli oranda engellediği, *Pisum sativum*’da ise çimlenmenin tamamen durduğu bildirilmiştir (Wierzicka ve Obidzinska, 1998). Yapılan bir çalışmada ise mercimekte 0.125, 0.250, 0.500 ve 1.000 mM Pb^{+2} uygulamalarında tohum çimlenmesi ve tüm fide büyüme parametreleri incelendiğinde, düşük dozlu Pb uygulamasının tohumların çimlenmesinde önemli bir farklılığa neden olmadığı bildirilmiştir. Yüksek Pb konsantrasyonlarının çimlenmeyi engellediği belirtilmiştir. Ayrıca kontrole kıyasla tüm konsantrasyonlarda kök gelişiminin engellendiği bildirilmiştir (Kıran ve Şahin, 2005). Marulda en yüksek çimlenme oranı olan %60 çimlenme oranının $64 \text{ mg L}^{-1} Pb$ uygulamasında olduğu en düşük ise %23 ile $2 \text{ mg L}^{-1} Pb$ uygulamasında olduğu bildirilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Kurşunun farklı konsantrasyonlarının (0, 0.05, 0.5, 5, 10 ve 20 mg L^{-1}) marul bitkisinin çimlenmesine ve bitki büyümesine etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Silva ve ark., 2017). Buğdayda 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının kontrole kıyaslanmasında, yüksek konsantrasyonda kurşun uygulamasında farklı tepki verdiği, 40-60 ppm kurşun muamelesinde buğdayın tohum çimlenmesindeki yüksek oranda azalma olduğu bildirilmiştir. Ayrıca 100 ppm kurşun uygulamasının tohum çimlenmesini tamamen engellediği rapor edilmiştir (Mehboob ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L^{-1}) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkisine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, çimlenme yüzdesi artan kurşun konsantrasyonuyla birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metaline tepkileri farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Kaya ve ark., 2019). *Sesbania punicea* (Cav.) Benth bitkisinin çimlenme oranı üzerine farklı kurşun dozları ve farklı

bakteri uygulamalarının etkisinin belirlendiği çalışmada, kurşun uygulamasının olmadığı ancak KF3B bakterisinin uygulandığı ortamda en yüksek çimlenme oranı (%60), en düşük çimlenme oranına (%23.33) ise 10 ppm Pb ve KF63C bakterisi uygulamasında elde edildiği belirtilmiştir (Çığ, 2022).



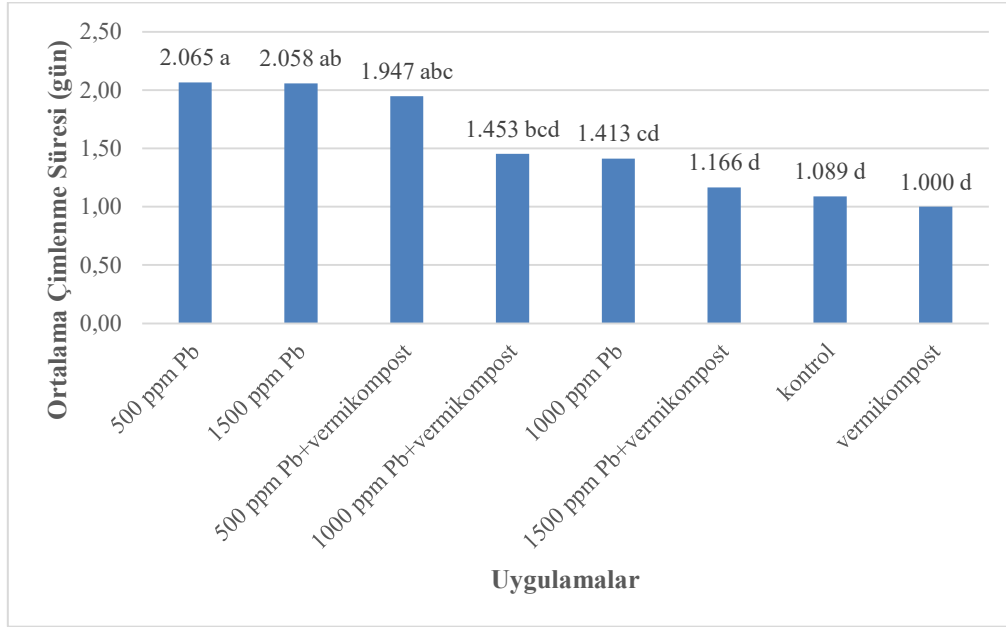
LSD: 12.931* p* < 0.05

Şekil 1. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme yüzdesine farklı uygulamaların etkisi

Ortalama Çimlenme Süresi (gün)

Ortalama çimlenme süresi bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ortalama çimlenme süresi Şekil 2’de verilmiştir. En kısa çimlenme süresi vermikompost uygulamasındadır. Kontrole kıyasla en uzun ortalama çimlenme süresinin 500 ppm Pb uygulamasında olduğu bunu 1500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb+vermikompost uygulaması takip etmiştir. Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasındaki ortalama çimlenme süresini kısalttığı ancak 1000 ppm Pb uygulamasında negatif etki yaparak ortalama çimlenme süresini arttırdığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda çimlenme süresindeki artışın nedeni, tuz konsantrasyonundaki artışın ozmotik ve iyonik strese sebep olması ve bunun sonucunda tohumun su alımındaki azalma gösterilmektedir (Tabassum ve ark., 2017; Öner ve Kırılı, 2018). İki farklı domates çeşidine (Rio Grande ve H2274) farklı tuz konsantrasyonlarının uygulanması çalışmasında, kontrole kıyasla en yüksek ortalama çimlenme süresi yüzde değişimin Rio Grande çeşidinde 4 M tuz ön uygulamasında, H2274 çeşidinde ise 3 M tuz ön uygulamasında olduğu belirtilmiştir (Dere, 2021). Yaptığımız çalışma sonuçları ile Öz ve Karasu, 2007; Arın ve Aybaş, 2008; Çolak ve ark., 2008; Doğan ve ark., 2008; Turhan ve Şeniz 2010; Yokaş ve ark., 2008; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021’nin çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Ortalama çimlenme süresinin kısaltılması önemli bir durumdur çünkü tarlada çıkışın

gerçekleştiği süre ne kadar uzun olursa, bitki boyutu o kadar küçük olacağı (Matthews ve ark., 2012), bu durum sonucunda da daha düşük verim alınacağı bilinmektedir (Finch-Savage, 1995).

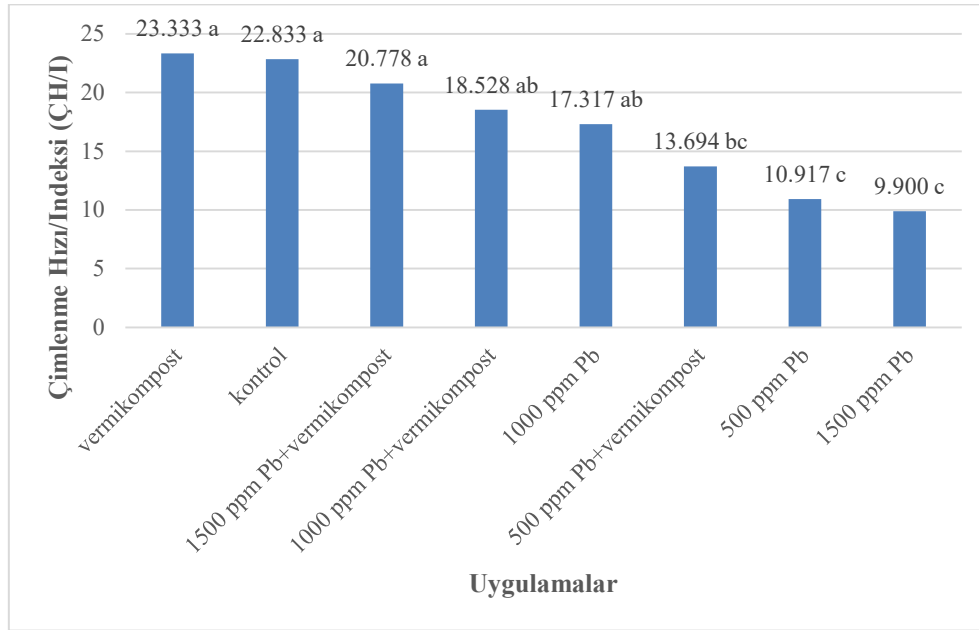


LSD: 0.607* p* < 0.05

Şekil 2. Bu-Ter tere çeşidinin ortalama çimlenme süresine farklı uygulamaların etkisi

Çimlenme Hızı/İndeksi (ÇH/I)

Çimlenme indeksi bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Çimlenme indeksinin en yüksek vermikompost uygulamasında, en düşük ise 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek çimlenme indeksinin görüldüğü vermikompost uygulamasını kontrol uygulaması takip etmiştir. Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb, 1000 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasında etkili olduğu ve çimlenme indeksini arttırdığı belirlenmiştir. *Sesbania punicea* (Cav.) Benth bitkisinde yapılan çalışmada, en düşük çimlenme hızının (8.33) 20 ppm Pb uygulamasında görüldüğü, aynı zamanda en düşük çimlenme oranının (%33.33) da yine bu uygulamada görüldüğü rapor edilmiştir. Çimlenme yüzdesindeki düşüklüğün çimlenme hızındaki düşüklükle bağlantılı olduğu bildirilmiştir (Çiğ, 2022).

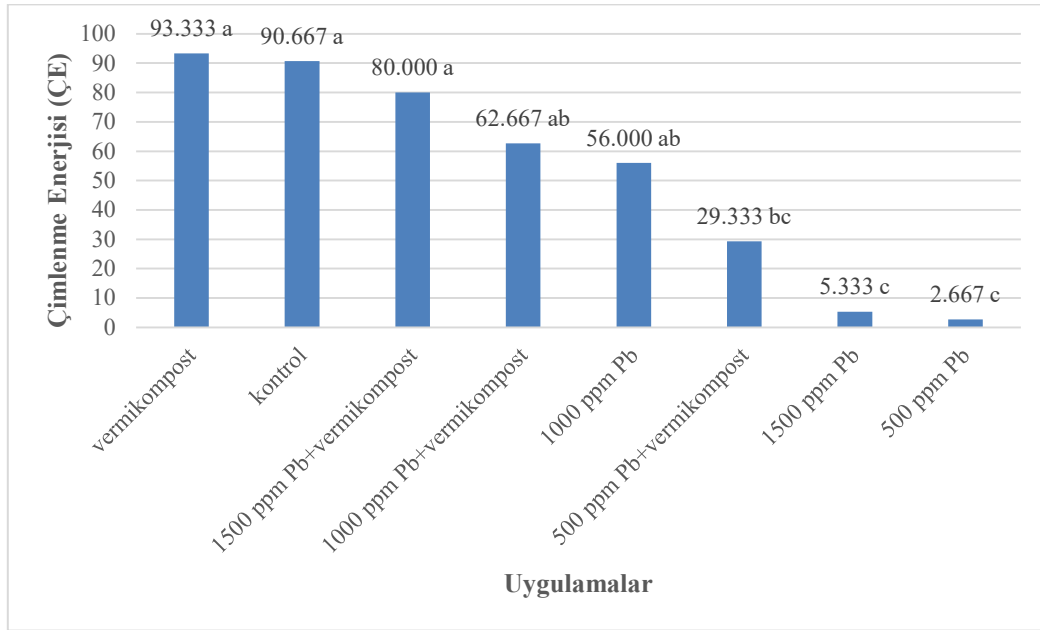


LSD: 6.304** p**<0.01

Şekil 3. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme hızına farklı uygulamaların etkisi

Çimlenme Enerjisi (ÇE)

Fide canlılık indeksi bitki türlerinin rekabet gücünü belirleyen önemli bir değişkendir (Kaya ve ark., 2019). Farklı Pb konsantrasyonları uygulamaları ve farklı Pb konsantrasyonları uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının Bu-ter tere çeşidinin çimlenme enerjisi üzerine etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Uygulamalar sonucu elde edilen çimlenme indeksi farklılıklarının istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Vermikompost uygulamasında en yüksek çimlenme enerjisi belirlenirken, en düşük çimlenme enerjisine 500 ppm Pb konsantrasyonunda belirlenmiştir. Diğer uygulamalara bakıldığında kontrol uygulamasında çimlenme enerjisi 90.667, 1500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında 80.000, 1000 ppm Pb+vermikompost uygulamasında 62.667, 1000 ppm Pb uygulamasında 56.000, 500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında 29.333 ve 1500 ppm Pb uygulamasında 5.333 olarak belirlenmiştir. Pb uygulamasıyla birlikte vermikompost uygulandığında çimlenme enerjisinin arttığı görülmüştür. Fide gücü, canlılıkta bir azalma ile birlikte biriken hasarın bir ölçüsüdür ve tohumlar çimlenene ve sonunda ölene kadar tohumlarda hasar birikir (Zhao ve ark., 2016). Buğdayda farklı konsantrasyonlarda (0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm) kurşun uygulamasının yapıldığı çalışmada, fide canlılığının 80 ppm'de en düşük olduğu rapor edilmiştir (Mehboob ve ark., 2018). Kurşun dozları artışının kontrole kıyasla tohum canlılık indeksinde önemli derecede keskin ve sürekli bir azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Kaya ve ark., 2019).

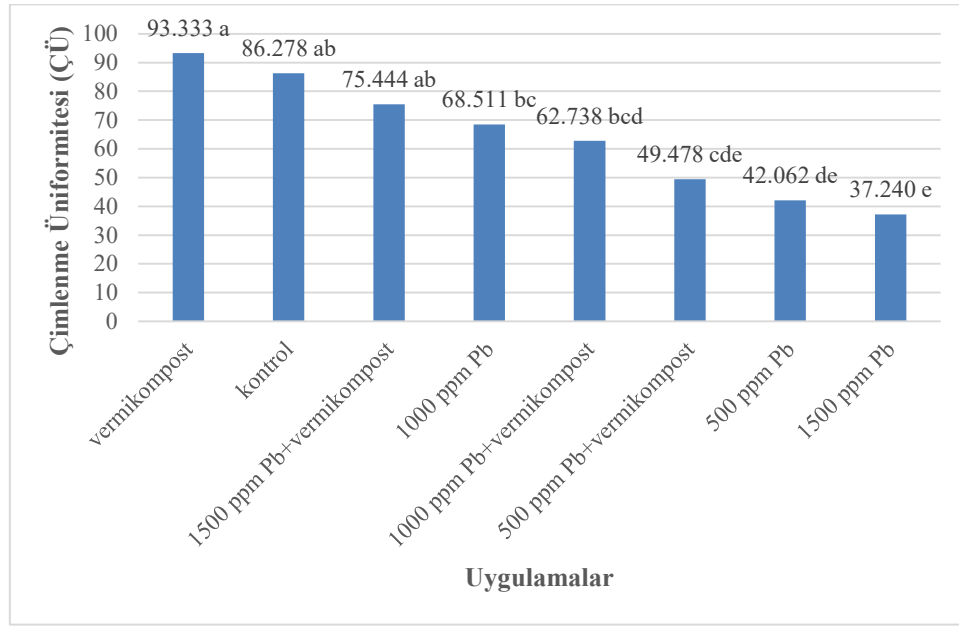


LSD: 41.820** p**<0.01

Şekil 4. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme enerjisine farklı uygulamaların etkisi

Çimlenme Üniformitesi (ÇÜ)

Sebzelerde bitki boyutunu hızlı ve homojen çıkış belirler (Demir ve ark., 2008). Düşük canlılığa sahip tohum yavaş yavaş çimlenir ve daha küçük boyutlu bitkiler üretir. Yaptığımız çalışmanın çimlenme üniformitesi sonuçları değerlendirildiğinde uygulamalar arasında farklılık olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Çimlenme üniformitesi en yüksek vermikompost uygulamasında, en düşük ise 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasında etkili olduğu ancak 1000 ppm Pb uygulamasında negatif etki yaptığı belirlenmiştir. Rio Grande çeşidinde yapılan tuz stresi çalışmasında, en yüksek çimlenme üniformitesinin kontrol uygulamasında olduğu bildirilmiştir. Ayrıca H2274 çeşidinde kontrole kıyasla farklı tuz konsantrasyonu ön uygulamalarında çimlenme üniformitesinin azaldığı ve bu azalışın tuz konsantrasyonu arttıkça şiddetlendiği rapor edilmiştir (Dere, 2021).

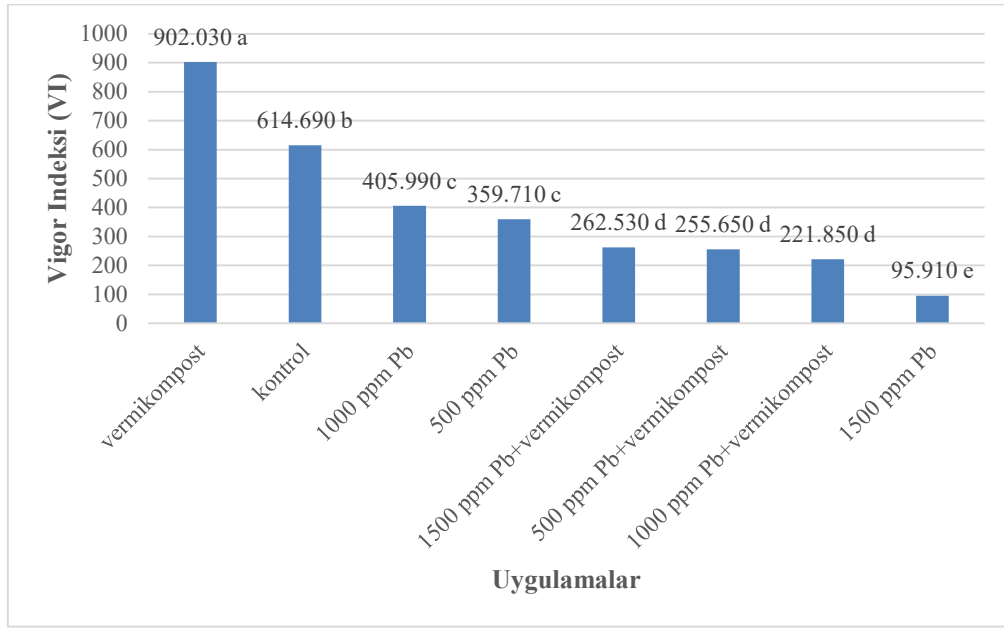


LSD: 24.183** p**<0.01

Şekil 5. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme üniformitesine farklı uygulamaların etkisi

Vigor İndeksi (VI)

Uygulamalar arasında vigor indeksinin farklılık gösterdiği ve istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Vigor indeksi en yüksek vermikompost uygulamasında 902.03 en düşük ise 1500 ppm Pb uygulamasında 95.91 olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının etkili olmadığı ve negatif etkilediği belirlenmiştir. Vigor indeksinin kontrole kıyasla Pb uygulamasının yüksek konsantrasyonlarında azaldığı bildirilmiştir. Marul bitkisine 4 mg L^{-1} Pb uygulamasının çimlenme ve gelişimine pozitif etki ettiği rapor edilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Yüksek standartta laboratuvar çimlenmesine sahip tohum partilerinin tarla çıkış yüzdeleri ve oranlarındaki farklılıklar, kalitenin çeşitli yönlerini içeren ve tohum bozulma aşamasını gösteren tohum canlılığı parametreleri önemlidir (TeKrony, 2003; Marcos-Filho, 2015).

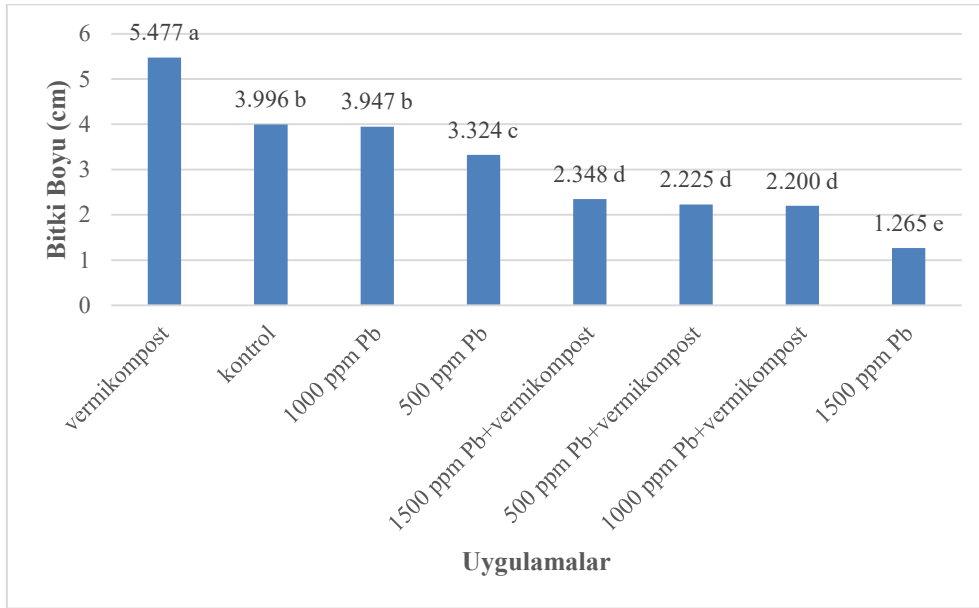


LSD: 69.086*** p***<0.001

Şekil 6. Bu-Ter tere çeşidinin vigor indeksine farklı uygulamaların etkisi

Bitki Boyu (cm)

Uygulamalar arasında bitki boyunun farklılık gösterdiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$). Bitki boyuna farklı Pb konsantrasyonları uygulamaları ve farklı Pb konsantrasyonları uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde, bitki boyunun vermikompost uygulamasında en yüksektir. Uygulamalara bakıldığında kontrole kıyasla vermikompost uygulaması hariç diğer uygulamaların olumsuz etki yaparak bitki boyunu azalttığı tespit edilmiştir. Farklı Pb konsantrasyonlarının bitki boyunu azalttığı ve en büyük azalışın 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Pb uygulamasıyla birlikte uygulanan vermikompost uygulamasının 1500 ppm Pb uygulaması hariç diğer konsantrasyonlarda etkisiz kalmakla birlikte bitki boyu azalışını şiddetlendirdiği belirlenmiştir. Buğdayda 20 ppm kurşun uygulamasının kontrole kıyasla sürgün uzunluğunu önemli oranda azalttığı belirtilmiştir. Buğdayın fide büyümesi, kontrole kıyasla daha yüksek konsantrasyonda kurşun uygulamasında farklı tepki verdiği, 40-60 ppm kurşun muamelesinde buğdayın tohum çimlenmesindeki yüksek oranda azalma, fazla kurşun uygulamasının bitki büyümesi ve gelişimini engelleyebileceğine dair kanıt sağladığı bildirilmiştir (Mehboob ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L⁻¹) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkilerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, çimlenme plumula ve fide uzunluğunun artan kurşun konsantrasyonu ile birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metaline tepkilerinin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Kaya ve ark., 2019).



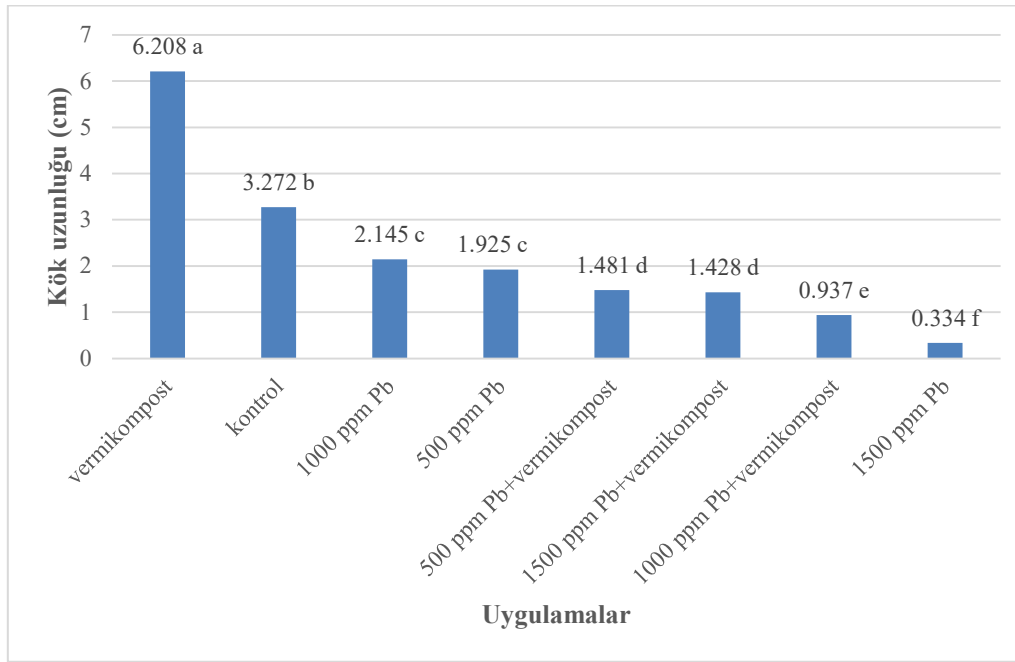
LSD: 0.327*** p***<0.001

Şekil 7. Bu-Ter tere çeşidinin bitki boyuna farklı uygulamaların etkisi

Kök Uzunluğu (cm)

Şekil 8'de uygulamalar arasında kök uzunluğunun farklılık gösterdiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu gösterilmiştir ($p < 0.001$). Uygulamalar arasında en yüksek kök uzunluğu vermikompost uygulamasında, en düşük kök uzunluğu 1500 ppm Pb uygulamasında görülmüştür. Pb uygulamasının kök uzunluğunu olumsuz etkilediği ve Pb uygulamasıyla birlikte uygulanan vermikompost uygulamasının bu olumsuz etkiyi azaltmada 1500 ppm Pb uygulaması hariç etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında vermikompostun kök boyunu uzatmakta yüksek Pb konsantrasyonunda etkili olduğu ve kontrole kıyasla kök uzunluğunu önemli derecede artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca kök ve boy uzunluğu sonuçlarına bakıldığında vermikompostun çok yüksek dozlardaki Pb uygulamalarında etkili olabileceği fikri oluşmuştur. Börülcede (*Vigna unguiculata*) yapılan çalışmada, 1 μM Pb^{2+} uygulamasının sürgün ve kök uzunluğunu azalttığı belirtilmiştir. Pb^{2+} toksisitesinin birincil bölgesi köktü, kök büyümesinde ciddi düşümlere, apikal baskınlığın kaybolmasına, kök uçlarının arkasında lokalize şişliklerin oluşmasına (yan köklerin başlaması nedeniyle) ve bazı kök uçlarının bükülmesine neden olduğu rapor edilmiştir (Kopittke ve ark., 2007). Bitkilerin erken fide gelişim döneminde düşük Pb konsantrasyonuna bile oldukça hassas olduğu bildirilmiştir. Plumule ile karşılaştırıldığında, radikula büyümesinin Pb ağır metal stresinden etkilendiği belirtilmiştir. Kurşun ağır metalinin radikula uzaması üzerine belirgin bir etkisi olduğu rapor edilmiştir (Deswal ve Laura, 2018). Marul bitkisinin gövde uzamasına farklı konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının etkisi önemli bulunmazken, kök oluşumunun 256 mg L^{-1} Pb uygulamasında gözlemlenmediği bildirilmiştir. Ayrıca 4 mg L^{-1} Pb konsantrasyonunda en yüksek gövde (1.5 cm) ve kök (1.67 cm) uzunluğunun görüldüğü belirtilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Kök büyümesi önemli bir büyüme

değişkenidir ve farklı kurşun muamelesi konsantrasyonlarında büyük ölçüde azaldığı bulunmuştur (Mehboob ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L⁻¹) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkilerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kök uzunluğunun artan kurşun konsantrasyonu ile birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metale tepkilerinin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Kaya ve ark., 2019). *Sesbania punicea* (Cav.) Benth bitkisinde kurşun ve bakteri uygulanmasına kıyasla kontrol uygulamasında en yüksek kök uzunluğunun görüldüğü belirtilmiştir (Çığ, 2022).



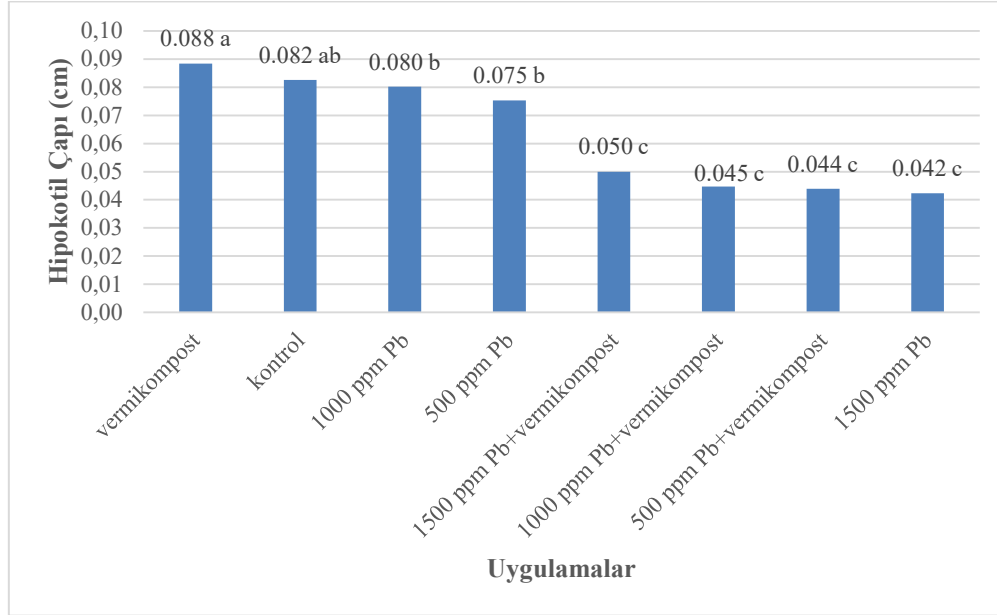
LSD: 0.377*** p***<0.001

Şekil 8. Bu-Ter tere çeşidinin kök uzunluğuna farklı uygulamaların etkisi

Hipokotil Çapı (cm)

Hipokotil çapının uygulamalar arasında farklılık gösterdiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.001). En yüksek hipokotil çapı vermikompost uygulamasında iken, en düşük hipokotil çapı 1500 ppm Pb uygulamasındadır. Pb uygulamasının hipokotil çapını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu olumsuz etkiyi azaltma da Pb uygulamasıyla birlikte uygulanan vermikompostun 1500 ppm Pb uygulaması hariç etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Kontrole kıyasla 1000 ppm Pb ve 500 ppm Pb uygulamalarının hipokotil çapına olumsuz etkilerinin çok az olduğu yani kontrole yakın hipokotil çapının olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada, Rio Grande domates çeşidinde 4 M tuz uygulamasında hipokotil çapının en yüksek olduğu, H2274 domates çeşidinde ise en düşük olduğu bildirilmiştir. Tuz uygulamalarının tüm konsantrasyonlarında H2274 domates çeşidinin hipokotil çapının azaldığı rapor edilmiştir (Dere, 2021). *Sesbania punicea* (Cav.) Benth

bitkisinde kurşun ve bakteri uygulanmasına kıyasla kontrol uygulamasında en yüksek sürgün kalınlığının görüldüğü belirtilmiştir (Çığ, 2022). Buna benzer sonuçların diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da görülmüştür (Akdoğan ve Özkan, 2000; Erken, 2005; Okçu ve ark., 2005; Köşkeroğlu, 2006; Day ve ark., 2008).



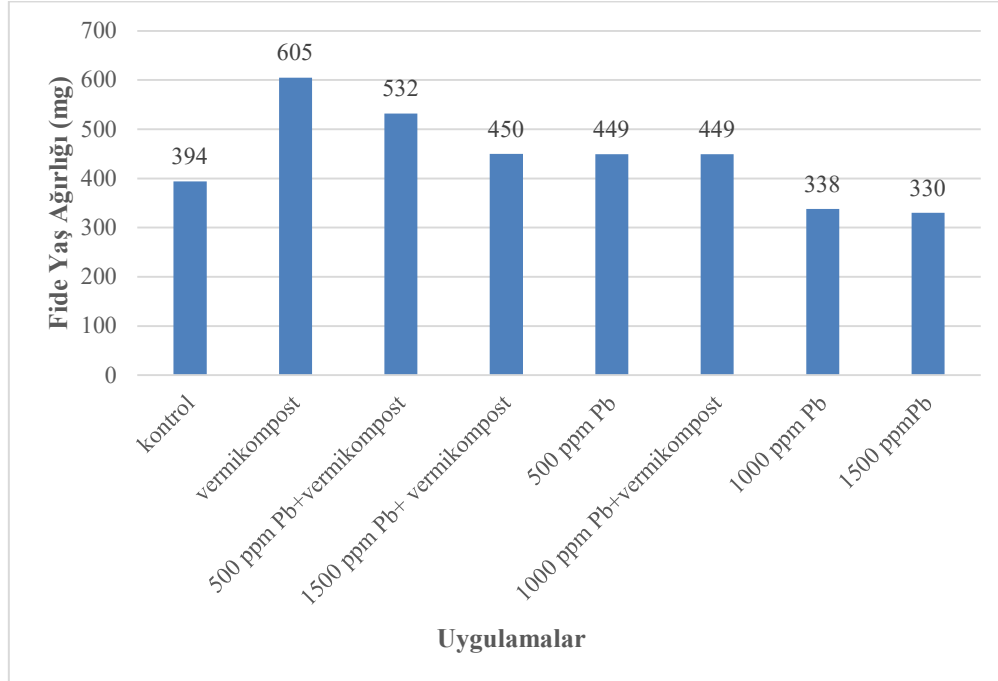
LSD: 0.00802*** p***<0.001

Şekil 9. Bu-Ter tere çeşidinin hipokotil çapına farklı uygulamaların etkisi

Fide Yaş Ağırlığı (mg)

Fide yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 10). Fide yaş ağırlığının en düşük 1500 ppm Pb uygulamasında, en yüksek ise vermikompost uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Pb uygulamasının fide yaş ağırlığını olumsuz etkileyerek düşürdüğü belirlenmiştir. Pb uygulamasıyla birlikte vermikompost uygulanmasının fide yaş ağırlığı üzerine Pb uygulamasının olumsuz etkisini hafifletmede etkili olduğu belirlenmiştir. Kurşun ağır metali ile muamele edilmiş bitkilerde farklı bitki organlarının yaş ve kuru ağırlıkları önemli ölçüde azalmış ve bu azalma, uygulanan ağır metal konsantrasyonu ile arttığı bildirilmiştir (Deswal ve Laura, 2018). Herhangi bir bitkinin genel büyümesi fide ağırlığıyla belirlenebilmektedir. Ayrıca kurşunun bitki türlerinin taze ve kuru biyokütle birikimine etkisi bitki türlerine, bitki çeşitlerine, bitki organlarına ve metabolik süreçlere göre değişmektedir. *Zea mays*'ın fide yaş ağırlığının kurşun uygulamasıyla azaldığı bildirilmiştir (Hussain ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L⁻¹) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkilerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, fide yaş ağırlığının artan kurşun konsantrasyonu ile birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metaline karşı tepkilerinin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir. Farklı susam

genotiplerinin fide taze ağırlığı ile kurşun nitrat konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Tüm genotiplerin minimum fide taze ağırlıkları 400 mg L^{-1} konsantrasyon uygulamasında, maksimum fide taze ağırlıklarının ise kontrol parsellerinden elde edildiği belirtilmiştir (Kaya ve ark., 2019).



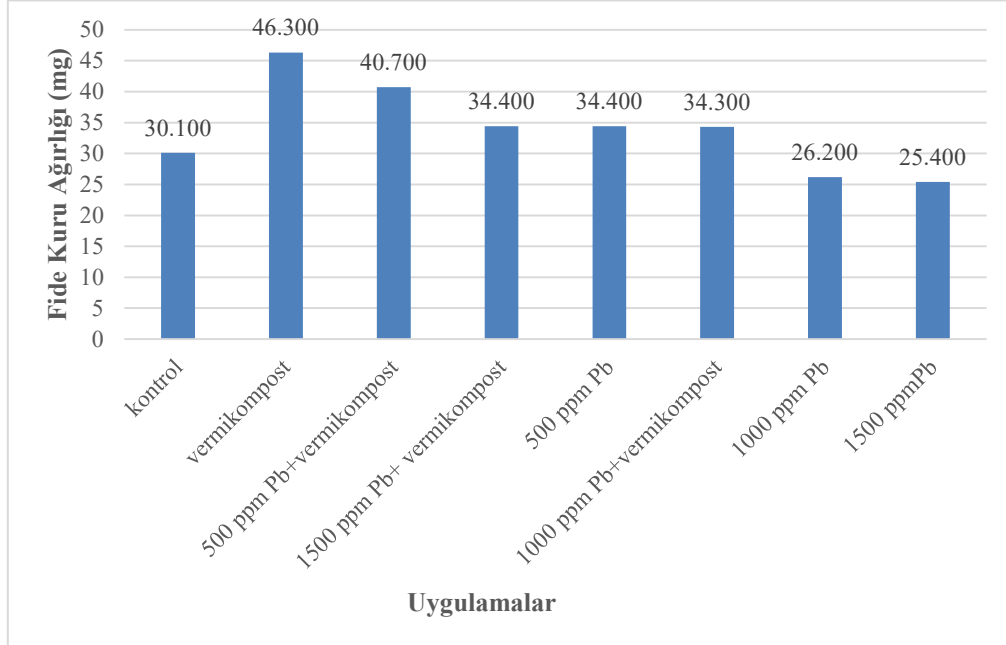
LSD: 380.06 p<Ö..D

Şekil 10. Bu-Ter tere çeşidinin fide yaş ağırlığına farklı uygulamaların etkisi

Fide Kuru Ağırlığı (mg)

Fide kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 11). Fide kuru ağırlığının fide yaş ağırlığında olduğu gibi en düşük 1500 ppm Pb uygulamasında, en yüksek ise vermikompost uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Pb uygulamasının fide kuru ağırlığını olumsuz etkilediği görülmüştür. En yüksek fide kuru ağırlığının 46.300 mg ile vermikompost uygulamasında olduğu bunu 40.700 mg ile 500 ppm Pb+vermikompost uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. Fide kuru ağırlığının kontrole kıyasla Pb ile vermikompostun birlikte uygulandığı uygulamalarda arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca Pb uygulamasının fide kuru ağırlığını olumsuz etkilediği ve bu olumsuz etkiyi azaltmada vermikompost uygulamasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Marul bitkisinin kuru ağırlığına kurşun uygulamasının etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Buğdayda 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının etkilerinin araştırıldığı çalışmada, 20 ppm kurşun uygulamasının fide kuru ağırlığını

önemli oranda azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca kontrole kıyasla 80 ppm Pb uygulamasının fide kuru ağırlığını azaltmada büyük oranda etkili olduğu belirtilmiştir (Mehboob ve ark., 2018).



LSD: 29.065 p<Ö..D

Şekil 11. Bu-Ter tere çeşidinin fide kuru ağırlığına farklı uygulamaların etkisi

Sonuç ve Öneriler

Bu-Ter tere çeşidine farklı Pb konsantrasyonu uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının sonuçları değerlendirildiğinde; çimlenme yüzdesi açısından 1000 ppm ve 1500 ppm Pb kurşun ile birlikte vermikompost uygulanmasının etkili olduğu görülmüştür. Ortalama çimlenme süresi bakımından Pb uygulamaları değerlendirildiğinde 1500 ppm Pb uygulamasında vermikompost uygulanmasının çimlenme süresini azalttığı belirlenmiştir. Çimlenme hızının ve çimlenme enerjisinin 1000 ppm ve 1500 ppm Pb uygulamasına kıyasla 1000 ppm Pb+vermikompost ve 1500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında arttığı görülmüştür. Çimlenme üniformitesinin 500 ppm ve 1500 ppm Pb uygulamasına göre 500 ppm Pb+vermikompost ve 1500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında arttığı belirlenmiştir. Vigor indeksi, bitki boyu, kök uzunluğu ve hipokotil çapı bakımından Pb uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının sadece 1500 ppm Pb uygulamasında etkili olduğu görülmüştür. Fide yaş ve kuru ağırlığının kurşun uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasında arttığı belirlenmiştir. Vermikompost uygulamasının çimlenme yüzdesi dışında ortalama çimlenme zamanı, çimlenme hızı (çimlenme indeksi), vigor indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu,

hipokotil çapı, kök uzunluğu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametrelerinde diğer uygulamalara göre en iyi performansı göstermiştir.

Sonuç olarak Pb'nin farklı dozlarının Bu-Ter tere çeşidinde farklı etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Pb'nin incelenen parametreleri üzerine olan olumsuz etkisinin hafifletilmesinde vermikompostun etkili olabileceği belirlenmiştir. Ancak bu etkilerin daha net bir şekilde ortaya çıkarılabilmesi için daha fazla tür ve çeşiti içeren ayrıca farklı Pb konsantrasyonlarının yanı sıra farklı vermikompost konsantrasyonlarını içeren daha geniş çaplı çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan çalışma herhangi bir kurum ya da firma tarafından desteklenmemiştir. Bu çalışmada etik kurul iznine gerek yoktur. Çalışma makaleye dönüştürülürken tüm araştırma ve yayın etiği kuralları göz önünde bulundurulmuş ve bu kurallara uygun olarak yayın hazırlanmıştır. Yayında 1. yazar % 70 oranında, 2. yazar ise % 30 oranında katkı sunmuştur. Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

Kaynakça

- Abbasdokht, H. 2011. The Effect of Hydropriming and Halopriming on Germination and Early Growth Stage of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Desert*, 16: 61- 68.
- Açıkgöz, N. ve Açıkgöz, N. 2001. Common Mistakes in The Statistical Analyzes of Agricultural Experiments I. Single factorials. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11: 135-147.
- Akdoğan, S. ve Özkan, I. 2000. Gelişmenin değişik dönemlerinde uygulanan su noksanlığı geriliminin biber bitkisi (*Capsicum annum* L)' nin tuza duyarlılığı üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6: 1-8.
- Alam, M. N., Jahan, M. S., Ali, M. K., Ashraf, M. A. ve Islam, M. K. 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in barind soils of Bangladesh. *Journal of Application Science Research*, 12: 1879-1888.
- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K.P. ve Jones, D.L. 2007. Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology*, 43: 316-319.
- Arın, L. ve Aybaş, H. 2008. Ekim öncesi farklı tuzlar uygulanmış karnabahar (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) tohumunun değişik tuzluluk seviyelerindeki çimlenmesi ve fide gelişimi. *Türkiye III. Tohumculuk Kongresi*, Nevşehir, p:30-33.
- Asri, F.Ö. ve Sönmez, S. 2006. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim*, 23 (2): 36-45.

- Ayaz, F. A. ve Kadioğlu, A. 1997. Ağır metallerin (Zn, Cd, Cu, Hg) çimlenen *Lens esculenta* L. tohumlarındaki çözüner protein bantları üzerine etkileri. *Turkish Journal of Botany*, 21 (2): 85-88.
- Aydın, M. 2011. Metallerle etkileştirilen tere bitkisinde (*Lepidium sativum*) bazı enzim aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Azmat, R., Haider, S., Askari, S., 2006. Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (5): 979-984.
- Bafeel, S. 2010. Physiological and biochemical aspects of tolerance in *Lepidium sativum* (cress) to lead toxicity. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 5 (1): 1-7.
- Batır, M.B., 2014. Kurşun (Pb) ve bakır (Cu) ağır metal stresi uygulanan enginar (*Cynara scolymus* L.) tohumlarının fidelerinde oluşan DNA değışikliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Bayçu, G. 1922. *Ailanthus Altissima* 'da kadmiyum, kurşun birikimi ve kadmiyumun bitki gelişmesine etkisi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bellitürk, K., Kuzucu, M., Çelik, A. ve Baran, M. F. 2019. Antep Fıstığında (*Pistacia Vera* L.) Kuru Koşullarda Gübrelemenin Verim ve Kaliteye Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 251-259.
- Bewley, J. ve Black, M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer, New York, USA, pp: 4-5.
- Braz, J. 2005. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17: 145-146.
- Bradford, K.J. 1995. Water Relations in Seed Germination. In: Kigel, J. and Galili, G, Eds., *Seed Development and Germination*, Marcel Dekker, Inc, New York, 351-396.
- Cunningham, S. D. ve Ow, D. W. 1996. Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiology*, 10: 15–719.
- Çığ, A. 2022. Determination of germination and some early development parameters of *Sesbania punicea* (Cav.) Benth. seeds by bacteria applications showing ACCD activity under lead stress. Conference: International Conference On Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies At: Turkish Republic of Northern Cyprus, 6-8 March, Cyprus, p:1617-1628.
- Çolak, G., Keser, Ö. ve Caner, N. 2008. *Lycopersicon Esculentum* Mill. ve *Raphanus sativus* L. bitkilerinde çimlenme ve sonrası büyüme aşamalarında Na₂SO₄ tipi tuz stresinin etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24: 17-38.
- Dannehl, D., Huyskens-Keil, S., Wendorf, D., Ulrichs, C. ve Schmidt, U. 2012. Influence of intermittent-direct-electriccurrent (IDC) on phytochemical compounds in garden cress during growth. *Food Chemistry*, 131: 239–246.
- Daşgan, H. Y., Kuşvuran, Ş., Abak, L. ve Sarı, N. 2010. İklim Değişikliğinin Sebze Tarımına Etkileri, Kuraklığa ve Tuzluluğa Dayanıklı Yöresel Sebze Genotiplerinin Belirlenmesi ve Korunması. MDG-F 1980 Türkiye'nin

- İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Birleşmiş Milletler Ortak Programı. Özel proje kitapçığı 39s.
- Day, S., Kaya, M. D. ve Kolsarıcı, Ö. 2008. Bazı çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin çimlenmesi üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14: 230-236.
- Demir, İ., Kılıç, G. ve Coşkun, M. 2008. Türkiye ve bölgesi için PRECIS bölgesel iklim modeli çalışmaları. In: Proceedings of I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2007, İTÜ, İstanbul, Turkey, pp. 252-260.
- Dere, S. 2017. Kurşun kirliliğinin tarımsal üretim ve insan sağlığı üzerine etkileri. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, 15-17 May, Nevşehir, p:127-127.
- Dere, S. 2019. Kurşun kirliliğinin tarımsal üretime etkileri. *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 3: 12.
- Dere, S., 2020. Abiyotik Stres Faktörlerinin Bitkilerdeki Etkilerine Genel Bir Bakış. Tarım ve Hayvancılıkta Yapılan Çalışmalar ve Güncel Değişimler. Iksad Publications, Türkiye, 217-262 s.
- Dere, S. 2021. Domateste (*Solanum lycopersicum*) farklı tuz konsantrasyonu ön uygulamalarının çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (Özel Sayı): 3324-3335.
- Deswal, M. ve Laura, J. S. 2018. Effect of heavy metals cadmium, nickel and lead on the seed germination and early seedling growth of *Pisum sativum*. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 4: 368-383.
- Doğan, M., Avu, A., Can, E. N. ve Aktan, A. 2008. Farklı domates tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3: 174-182.
- Doğaroğlu, Z. G. 2018. Kadmiyum, kurşun ve çinko metallerinin marul (*Lactuca sativa* L.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23 (2).
- Doğru, A., Altundağ, H. ve DüNDAR, M. Ş. 2021. Bitkilerde Ağır Metal Hiperakümüasyonu ve Fitoremediasyon. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2 (2): 32-55.
- Edwards, C.A. ve Bohlen, P.J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. 3rd Edition, Chapman & Hall, London.
- Ellis RA, Roberts EH, 1981. The Quantification of Ageing and Survival in Orthodox Seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409.
- Erken, N. T. 2005. Soğanda (*Allium cepa* L.) Tuzluluğun bitki büyüme ve gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Lisans, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Fargasova, A. 1994. Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 52: 452-456.
- Finch-Savage, W. E. 1995. Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. In: Basra AS (Ed). Seed Quality, Basic Mechanisms and Agricultural Implications. Haworth Press, Inc., New York, pp 45- 80.

- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D. 2004. Ağır metal iyonlarının (Cu²⁺, Pb²⁺, Hg²⁺, Cd²⁺) Clivia sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16 (2): 177-182.
- Henssler, H. ve Gospage, S. 1987. The exhaust emission standards of the European community. *SAE Transactions*, 96(7): 69-83.
- Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. ve İsmaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54 (1): 87-92.
- Hu, J., Zhu, Z. Y., Song, W. J., Wang, J. C. ve Hu, W. M. 2005. Effects of sand priming on germination and field performance in direct-sown rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33: 243- 248.
- Hussain, A., Abbas, N., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z.I., Ahmad, K., Mansha, M. ve Mirzaei, F. 2013. Effects of diverse doses of Lead (Pb) on different growth attributes of *Zea mays* L. *Agricultural Sciences*, 4: 262.
- İbrahim, M. M. ve Bafeel, S. O. 2011. Molecular and physiological aspects for *Lepidium sativum* tolerance in response to lead toxicity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20 (8): 1871-1879.
- İşlek C, Koç E, Üstün AS, 2010. Biber (*Capsicum annum* L.) tohumlarında bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin in vitro çimlenme üzerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12: 42-49.
- Jat, R. S. ve Ahlawat, I. P.S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28: 41-54.
- Kabak, B., Arslan, Y., Trak, D., Erdem, Y. ve Kendüzler, E. 2016. Tere bitkisindeki metallerin atomik absorpsiyon spektrometre ile tayini. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (Ek Sayı 1): 240-247.
- Kaya, A. R., Eryigit, T., Uslu, Ö.S., Gedik, O. ve Tuncturk, M. 2019. Effects of lead on seed germination and seedling growth in different sesame (*Sesamum Indicum*) genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (9):6574-6579.
- Kennedy, C.D. ve Gonsalves, F.A.N. 1989. The action of divalen Zn, Cd, Hg, Cu and Pb ions on the ATPase activity of a plasma membrane fraction isolated from roots of *Zea mays*. *Plant and Soil*, 117 (2): 167-175.
- Keser, G. 2005. *Nasturtium officinale* R. Br.'de kurşunun strese bağlı enzimlerin aktivitelere, gelişmeye, mineral ve klorofil içeriğine etkileri. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Khan A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 14: 131-181.
- Khan, M. A. Ungar, I. A. ve Showalter, A. M. 2000. Effect of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *haloxylon recurvum*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 2763-2774.
- Kıran S 2019. Vermikompost uygulamalarının kuraklık stresi altındaki kıvrıcık salatanın (*Lactuca sativa* var. *crispa*) mineral içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (Ek Sayı 1): 133-140.

- Kıran, Y. ve Munzuroğlu, Ö. 2004. Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine kurşunun etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (1): 1-9.
- Kıran, Y. ve Şahin, A. 2005. The effects of the lead on the seed germination, root growth, and root tip cell mitotic divisions of *Lens Culinaris* Medik. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 17 -25.
- Kopittke, P. M., Asher, C. J., Kopittke, R. A. ve Menzies, N. W. 2007. Toxic effects of Pb^{2+} on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Environmental Pollution*, 150 (2): 280-287.
- Köşkeroğlu, S. 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kranner, I. ve Colville, L. 2011. Metals and seeds: Biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 72 (1): 93–105.
- Kumar, G. ve Singh R. P.1991. Sushila nitrate assimilation and biomass production in *Sesamum indicum* L seedlings in a lead enriched environment. *Water Air Soil Pollut*, 66: 163-171.
- Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F. ve Cheng, Q. 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports*, 10 (1): 1-9.
- Maratta, A., Vázquez, S., López, A., Augusto, M. ve Pacheco, P. H. 2016. Lead preconcentration by solid phase extraction using oxidized carbon xerogel and spectrophotometric determination with dithizone. *Microchemical Journal*, 128: 166–171.
- Marcos-Filho, M. 2015. Seed vigour testing: an overview of the past, present and future perspectives. *Scientia Agricola*, 72 (4): 363-374.
- Matthews, S., Noli, E., Demir, I., Khajeh-Hosseini, M., Wagner, M. H. 2012. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardisation. *Seed Science Research*, 22: 69-73.
- Mavi, K., Ermiş, S. ve Demir, İ. 2006 The Effect of Priming on Tomato Rootstock Seeds in Relation to Seedling Growth. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5 (6): 940-947.
- Mavi, K., Karaca, F. ve Yetişir, H. 2010. Effects of Different Priming Techniques on Germination and Seedling Emergence in Naturally Aged Melon Seeds, VIII. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildirileri, Haziran 2010, Van, Türkiye, s.273-277.
- Mehboob, S., Iqbal, M.Z., Shafiq, M., Kabir, M. ve Zia-Ur-Rehman Farooq, Z. 2018. Effects of lead on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*) L. *GSI*, 6 (8): 8.
- Nriagu, O. J. 1992. Toxic metal pollution in Africa. *The Science of the Total Environment*, 121: 1-37.
- Nwosu, J. U., Harding, A. K. ve Linder, G. 1995. Cadmium and Lead uptake by edible crops grown in a silt loam soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54: 570-578.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehlivan, M., 2009. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alınleri*, 1(B): 14-26.

- Okçu, G., Kaya, M.D. ve Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 237-242.
- Öner, F. ve Kırılı, A. 2018. Effects of salt stress on germination and seedling growth of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7: 191-196.
- Öz, M. ve Karasu, A. 2007. Pamuğun çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21: 9-21.
- Özay, C. 2018. Bazı ağır metallerin yem şalgamı'nda (*Brassica rapa* L. var. *rapa*) tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (3): 71-76.
- Özyazıcı, M. A. ve Açıkbay, S. 2021. Effects of different salt concentrations on germination and seedling growth of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] cultivars. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8: 133-143.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O. ve Özyazıcı, G. 2017. Spatial distribution of heavy metals density in cultivated soils of Central and East Parts of Black Sea Region in Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6 (3): 197- 205.
- Patade, Y.V., Maya, K. ve Zakwan, A. 2011. Chemical Seed Priming as a Simple Technique to Impart Cold and Salt Stress Tolerance in *Capsicum*. *Journal of Crop Improvement*, 25: 497-503.
- Peterson, R. K. D. ve Higley, L.G. 2001. Illuminating the black box: the relationship between injury and yield. In: Peterson RKD, and Higley LG, eds. *Biotic Stress and Yield Loss*. New York: CRC Press, 1-12.
- Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., Sreeprasad, T. S., Sajanlal, P. R. ve Pradeep T. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut, *Journal of Plant Nutrition*, 35 (6): 905-927.
- Rangarajan, A., Leonard, B. ve Jack, A. 2008. Cabbage transplant production using organic media on farm. In: *Proceedings of National Seminar on Sustainable Environment*. N. Sukumaran (Ed). Bharathiar University, Coimbatore, pp. 45-53.
- Rolfe, G. L. ve Bazzaz, F.A. 1975. Effect of lead contamination on transpiration and photosynthesis of loblolly pine and Autumn olive. *Forest Science*, 21 (1): 33-35.
- Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E, Walter, A. E., Arena, E. T., Eliceiri, K. W. 2017. ImageJ2: Imagej for The Next Generation of Scientific Image Data. *BMC Bioinformatics*, 18: 529.
- Ruiz-Jiménez, J., Luque-Garcia, J.L. ve Luque De Castro, M.D. 2003. Dynamic ultrasound-assisted extraction of cadmium and lead from plants prior to electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 480 (2): 231-237.
- Scott SJ, Jones RA, Williams WA, 1984. Review of Data Analysis Methods for Seed Germination. *Crop Science*, 24: 1192-1199.
- Silva S., Silva P., Oliveira H., Gaivao I., Matos M., Pinto-Carnide O. ve Santos C. 2017. Pb low doses induced genotoxicity in *Lactuca sativa* plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 112: 109-116.

- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. ve Patil, R. T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). *Bioresource Technology*, 99: 8507-8511.
- Singh, R.P., Tripathi, R.D., Sinha, S.K., Maheshwari, R. ve Srivastava, H.S. 1997. Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34(11): 2467-2493.
- Spona, K.D. ve Baum, B. 1993. Untersuchungen zur pflanzenverfolgbarkeit von blei, cadmium, kupfer und zink auf kontaminierten böden den in einem industriellen ballungsgebiet. In: U. Radtke (Ed.), *Schwermetalle, Dusseldorfer Geographische Schriften, Düsseldorf*, pp. 203-222.
- Sung, Y., Cantliffe, D.J. ve Nagata, R. 1998. Using a Puncture Test to Identify the Role of Seed Coverings on Thermotolerant Lettuce Seed Germination. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 123: 1102-1106.
- Tabassum, T., Farooq, M., Ahmad, R., Zohaib, A., Wahid, A. 2017. Seed priming and transgenerational drought memory improves tolerance against salt stress in bread wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118: 362-369.
- Teke, Ş., Coşkan, A. ve Aktaş, H. 2019. Vermikompostun domateste verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 1 (1): 23-27.
- TeKrony, D. M. 2003. Precision is an essential component in seed vigour testing. *Seed Science and Technology*, 31 (2): 435- 477.
- Terzi, H. ve Yıldız, M. 2013. Bitkilerde ağır metal toksisitesi: proteomik yaklaşım. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13 (021001): 1-21.
- Turhan, A. ve Şeniz, V. 2010. Farklı tuz konsantrasyonlarının Türkiye’de yetiştirilen bazı domates genotiplerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 24: 11-22.
- Umesha, S. S. ve Naidu, K. A. 2012. Vegetable oil blends with alinolenic acid rich Garden cress oil modulate lipid metabolism in experimental rats. *Food Chemistry*, 135: 2845–2851.
- Wierzbicka, M. ve Obidzinska, J. 1998. The effects of lead on seed imbibitions and germination in different plant species. *Plant Science*, 137: 155-171.
- Wozny, A., Zatorska, B. ve Mlodzianowski, F. 1982. Influence of the lead on the development of lupin seedlings and ultrastructural localization of this metal in the roots. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 51: 345-351.
- Yokaş, Ş., Tuna, A. L, Bürün, B., Altunlu, H., Altan, F. ve Kaya, C. 2008. Responses of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and rates. *Turkish Journal of Agriculture and Forestr*, 32: 319-329.
- Zengin, F. K. ve Munzuroğlu, Ö. 2004. Effects of lead (Pb⁺⁺) and copper (Cu⁺⁺) on the growth of root,shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (3): 1-10.
- Zhao, X., Joo, J.C., Kim, D., Lee, J.-K. ve Kim, J. Y. 2016. Estimation of the Seedling Vigor Index of Sunflowers Treated with Various Heavy Metals. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 7: 3.



Bursa İli Mudanya İlçesi Aktif Yeşil Alanları Üzerine Bir Araştırma^A

Burcu MÜDÜK¹, Murat ZENCİRKIRAN^{2*}

Öz: Şehir hayatı içerisinde insanlar, ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri, yorgunluklarını ve streslerini azaltabilecekleri aktif yeşil mekânların arayışı içerisinde. İnsanların ve doğanın kaynaşmasına olanak sağlamak için oluşturulan bu alanlar planlama ve tasarım yönleriyle ülkeler ve bölgelere göre farklılıklar göstermektedir. Aktif yeşil alanların ulaşılabilirlik ve etkin hizmet alanları kapsamında değerlendirildiği bu çalışma; Mudanya ilçesinin yüz ölçümünün yalnızca %11,61'lik kısmının etkin hizmet alanları içerisinde bulunduğunu, ilçede bulunan 29 mahallenin ortalamasının altında etkin hizmet alanına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Tespit edilen bu olumsuzlukların giderilebilmesi için aktif yeşil alanların dağılımının etkin hizmet alanları dikkate alınarak gerçekleştirilmesi ve bu tip alanların yer almadığı mahallelere öncelik verilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aktif yeşil alanlar, Etkin hizmet alanı, Erişebilirlik, Mudanya.

A Research on the Active Green Areas of Mudanya District of Bursa Province

Abstract: In the city life, people are in search of active green places where they can meet their needs, reduce their fatigue and stress. These areas, which were created to allow people and nature to merge, differ according to countries and regions in terms of planning and design. This study, in which active green areas were evaluated within the scope of accessibility and effective service areas, revealed that only 11.61% of the face measurement

^A Makale, Burcu MÜDÜK tarafından tamamlanan yüksek lisans tezinin bir bölümüdür. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

¹ Burcu MÜDÜK, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bursa Türkiye, bumea_14@hotmail.com, [OrcID 0000-0001-8260-5043](https://orcid.org/0000-0001-8260-5043)

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Murat ZENCİRKIRAN, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa Türkiye, mzencirkiran@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0051-8937](https://orcid.org/0000-0003-0051-8937)

of Mudanya district is located in effective service areas, and 29 neighborhoods in the district have an effective service area below average. In order to eliminate these identified disadvantages, the distribution of active green areas should be carried out taking into account effective service areas and priority should be given to neighborhoods where such areas are not included.

Keywords: Active green spaces, Active service area, Accessibility, Mudanya.

Giriş

Kentler içerisinde var olan yapılar (mimari yapılar, yeşil alanlar vb.) ve yapıların birbirleri ile olan ilişkileri kentlerin karakterlerini yansıtır. Mimari yapılaşmanın ve açık-yeşil alanların kent içinde dengeli dağılımı, insan ve doğa arasındaki ilişkiyi düzenleme ve kent koşullarının iyileşmesinde büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde nitelik ve nicelikleri ile yaşam kalitesi ve medeniyetin bir ölçütü olarak kabul edilen yeşil alanlar insan ihtiyaçları göz önünde bulundurularak en uygun şekilde tasarlanmakta ve oluşturulmaktadır (Gül ve Küçük, 2001; Yazıcı ve Gülgün Aslan, 2017; Koçan ve İbiş, 2020).

Yeşil alanlar şehir hayatında yaşayan insanların rekreasyonel ihtiyaçlarının karşılanabildiği ve insanları doğa ile buluşturan bir süreliğine de olsa olumsuzluklardan uzaklaştıran, doğal veya planlanarak oluşturulmuş alanlardır (Olgun, 2018).

Geray'a göre, açık-yeşil alanlar; sanayileşme neticesinde kentlerde iş imkânları ile birlikte nüfusun arttığı, insanların doğadan uzaklaşarak aynı zamanda doğaya zarar verdiği süreçte farklı rekreasyonel ihtiyaçları için doğaya katılmasını ve doğayı daha etkin kullanmasını sağlayan alanlar şeklinde tanımlanmaktadır (Köşe ve Kara, 2021).

Resmi Gazetede yayınlanan 30113 sayılı planlı imar yönetmeliğinde ise yeşil alanlar, 'Toplumun yararlanması için ayrılan oyun bahçesi, çocuk bahçesi, dinlenme, gezinti, piknik, eğlence, rekreasyon ve rekreatif alanları toplamını (Metropol ölçekteki fuar, botanik ve hayvan bahçeleri ile bölgesel parklar bu alanlar kapsamındadır) ifade etmektedir' şeklinde belirtilmektedir.

Ekonomik ve sosyal koşullarda meydana gelen hızlı değişimler, kent nüfusu ve yapılarının hızlı bir şekilde artış göstermesi kentlerde yeşil alanların azalmasına neden olmaktadır. Bu alanların azalması, insanlarda farklı birçok nedene bağlı olarak hastalıkların çoğalmasına ve sağlığın olumsuz bir şekilde etkilenmesine yol açmaktadır. Bu yüzden kent hayatında yeşil alanların varlığı gün geçtikçe daha büyük bir önem kazanmaktadır.

İnsanlar fiziksel, ruhsal ve mental sağlıkları için çeşitli aktivitelerini gerçekleştirecekleri yeşil alanları tercih etmektedirler. Kentin yaşayan dokusunda halkın soluk almasını sağlayan 'akciğer' görevi üstlenen açık-yeşil alanlar, insan sağlığı için önemli rol oynamakta aynı zamanda fiziksel aktivite için sağladığı imkânlar ile yaşam kalitesini de artırmaktadır (Karalı, 2001; Caspersen ve ark. 2006; Romagosa, 2018; Zeybek, 2018; Wysmułek ve ark. 2020; Güngör ve Yıldız, 2022).

Kentsel yeşil alanlar, insanlar ve doğa arasında bağlantı oluşturmakta kent ekolojisi ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturarak psikolojik ve sosyal açıdan refahlarını iyileştirerek insanların fiziksel aktivitelerini artırarak yaşam kalitesine avantaj sağlayacak çeşitli ekosistemler sunmaktadır (Brown ve ark. 2014; Mentеше, 2019; Zencirkıran ve ark. 2019; Keloğlu ve Karabacak, 2020).

Bu tip alanların insan ruh sağlığı üzerinde olumlu etkilerde bulunduğunu, insanlar arasında sosyal bağı güçlendirme rolüne sahip olduğunu ve aynı zamanda toplumda şiddet ve suç oranlarının düşmesine de etki ettiklerini yapılan araştırmalar ortaya çıkarmıştır (Sezen ve Aytatlı, 2019; Keloğlu ve Karabacak, 2020; Tütüncü, 2012; Tütüncü ve Aydın, 2014; Cdy, 2002; Ulrich, 1984; Cooper-Marcus ve Barnes, 1999; Kuo ve Sullivan, 2001; Hartig ve ark. 2003; Bowler ve ark. 2010; Maruthaveeran ve Van Den Bosch, 2014; Kaya, 2022).

Aynı zamanda kentsel yeşil alanlar yaşam alanlarına ekolojik ve estetik değer katar. Kent iklimi, doğa koruma, toprak kalitesinin korunması, hava kalitesi, yeraltı su dengesi ve biyoçeşitliliğe katkı yapar (Cüce ve Ortaçşme, 2020).

Kentsel yeşil alanların yerleşim birimleri içerisinde dağılımı, ulaşılabilirliği ve etkin hizmet alanları önemli konular arasında yer almaktadır. Yeşil alanların yerleşim birimleri içerisinde dengeli dağılımları ulaşılabilirlik konusunda problemlerinin giderilebilmesine katkı sağlar (Ender ve Uslu, 2016). Etkin hizmet alanının yarıçapı kullanıcının yürümek istedikleri maksimum mesafeye eşittir ve bu yeşil alanın çevresinde çizilen çemberin kapladığı alan olarak da ifade edilir. Bu mesafeler yeşil alan çeşidine göre alanında uzman kişiler tarafından önerilen ve yapılan teknik araştırmalardan ortaya çıkarılarak yapılan ve geliştirilen standartlara göre yapılmıştır (Ünal, 2014). Bu mesafeler çocuk oyun ve dinlenme alanları için 400, mahalle parkları ve spor alanları için 800 metredir (Herzele ve Wiedeman, 2003; Altunkasa, 2004; Kellett ve Rofe, 2009; Bilgili ve ark. 2011; Önder ve ark. 2011; Ender ve Uslu, 2016; Ünal ve Uslu, 2018).

Bu çalışmada, Mudanya ilçesi aktif yeşil alanları etkin hizmet alanları bakımından değerlendirilmiş ve öneriler getirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Bursa ilinin kuzeyinde yer alan ve Marmara Denizi kıyısında bulunan, 2021 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre 105.308 nüfusa sahip olan Mudanya ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma materyalini Bursa ili Mudanya ilçe sınırları içerisinde yer alan 47 mahallede bulunan mahalle parkları, çocuk oyun alanları ile spor alanlarından oluşan 123 adet aktif yeşil alan oluşturmuştur.

Çalışmanın yöntemi; veri toplama, analiz, değerlendirme ve öneri geliştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

İlk aşamada Mudanya belediyesinden 1/1000 Ölçekli Nazım İmar Planı haritaları ve 47 mahalleye ait aktif yeşil alan varlıklarına ait listeler temin edilmiştir. Aktif yeşil alanlar yerinde ziyaret edilerek herhangi bir değişikliğin olup olmadığı kontrol edilmiş ve bu alanlara ait değerlendirmelerde kullanılacak veriler toplanmıştır. İkinci aşamada, 1/1000 Ölçekli Nazım İmar Planı haritaları, Google Earth görüntüleri ve yerinde gerçekleştirilen gözlem bilgileri ile çekilen fotoğraflardan yararlanılarak AutoCAD programı kullanılarak veri setleri, sonraki

aşamada ise Adobe Photoshop programı kullanılarak haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri setine dayalı olarak mahallelere ait yüz ölçümleri, aktif açık-yeşil alanların büyüklükleri, aktif açık-yeşil alanların mahalle yüz ölçümlerine oranları, mahallere ve kente göre kişi başına aktif açık-yeşil alan büyüklükleri tespit edilmiştir. Çalışma 2019 yılında gerçekleştirilmiş olup bu yıla ait veriler değerlendirmelerde kullanılmıştır.

Aktif yeşil alanlarda etkin hizmet alanı belirlenmesinde, çocuk oyun ve dinlenme alanlarında 400 metre, mahalle parkları ile spor alanlarında ise 800 metre ulaşılabilirlik mesafeleri dikkate alınmıştır (Herzele ve Wiedeman, 2003; Altunkasa, 2004; Kellett ve Rofe, 2009; Bilgili ve ark. 2011; Önder ve ark. 2011; Ender ve Uslu, 2016; Ünal ve Uslu, 2018). Etkin hizmet alanlarının belirlenmesinde kullanılan ölçütler Çizelge 1’de verilmiştir.

Aktif yeşil alan türleri için ulaşılabilirlik mesafesine göre alanlar ötelenerek aktif yeşil alanların etkin hizmet alanları tanımlanmış ve bunlara ait haritalar oluşturulmuştur. Çalışmanın son aşamasında elde edilen veriler değerlendirilerek öneriler getirilmiştir.

Çizelge 1. Etkin hizmet alanları için ölçütler (Altunkasa, 2004; Ender, 2011; Morar ve ark. 2014; Olgun, 2018).

Yeşil Alan Çeşidi	Yürüme Süresi Ort. –En Fazla dk.	Yürüme Uzaklığı Ort. – En Fazla m.	Hizmet Alan Yarıçapı m.
Semt Parkı	20-30	800-1200	1500-2500
Kent Parkı	30-40	1200-1600	1000-10000
Mahalle Parkı	20-30	800-1200	800-1600
Oyun Alanı	10-20	400-600	400-600
Çocuk Bahçesi	10-15	400-600	200-600

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında incelenen Mudanya ilçe sınırları içerisinde 47 mahalle ve toplam 123 adet aktif yeşil alana ait özellikler Tablo 2’de verilmiştir. Nüfus yoğunluğu en fazla olan mahallenin Halitpaşa, yüzölçümü en fazla olan mahallenin Zeytinbağı olduğu görülmüştür. En fazla sayıda aktif yeşil alanın 21 adet ile Halitpaşa mahallesinde bulunduğu, 7 mahallede ise herhangi bir aktif yeşil alanın yer almadığı tespit edilmiştir. En büyük aktif yeşil alanın Bademli Cumhuriyet parkı (10.000 m²), en küçük aktif yeşil alanın ise Altıntaş çocuk ve dinlenme parkı olduğu (39 m²) tespit edilmiştir (Şekil 1, Çizelge 2).



Şekil 1. 1- Bademli Cumhuriyet parkı 2- Altıntaş çocuk ve dinlenme parkı (Orijinal)

Çizelge 2. Mudanya ilçesi mahallelerinde bulunan aktif yeşil alan özellikleri

Mahalle Adı	Aktif Yeşil Alanlar	Nüfus	Yüzölçümü (m ²)	Nüfus Yoğunluğu (Kişi/m ²)	Aktif Yeşil Alan Sayısı	Aktif Yeşil Alan (m ²)	Toplam Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)	Kişi Başı Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)
Akköy	Akköy Dinlenme Parkı	446	7.942,91	0,06	1	80	80	0,18
Aydınpınar	Aydınpınar Çocuk ve Dinlenme Parkı	1022	7.658,92	0,13	1	129	129	0,13
Altıntaş	Altıntaş Çocuk ve Dinlenme Parkı	535	7.623,81	0,07	1	39	39	0,07
Bademli	Bademli Cumhuriyet Parkı	4923	9.002,50	0,55	3	10000	13209	2,68
	Bademli Dinlenme Parkı					3111		
	Bademli Park					98		
Balabancık	Balabancık Çocuk ve Dinlenme Parkı	378	8.867,02	0,04	1	40	40	0,1
Burgaz	Kayıp Balık Parkı	6836	2.120,73	3,22	4	100	2709	0,4
	Şehit Burhan Zeytinci Parkı					2168		
	Şehit Mehmet Parkı					155		
	Şehit Piyade Binbaşı Mehmet Ercüment Türkmen Parkı					286		
Çağrısan	Çağrısan Çocuk ve Dinlenme Parkı	3866	9.199,10	0,42	1	200	200	0,05
Çekrice	Çekrice Dinlenme Parkı	376	9.634,65	0,04	1	155	155	0,41
Çepni	Çepni Dinlenme Parkı	674	13.650,99	0,05	1	203	203	0,3
Çınarlı	Çınarlı Dinlenme Parkı	190	13.650,99	0,01	1	101	101	0,53
Çayönü	Çayönü Çocuk ve Dinlenme Parkı	287	10.960,88	0,03	1	56	56	0,2
Dede	Dede Dinlenme Parkı	449	10.797,12	0,04	1	81	81	0,18
Dere	Dere Dinlenme Parkı	531	14.856,32	0,04	1	584	584	1,1
Eğerce	Eğerce Çocuk ve Dinlenme Parkı	258	5.367,28	0,05	1	145	145	0,56

Çizelge 2. Mudanya ilçesi mahallelerinde bulunan aktif yeşil alan özellikleri (devamı)

Mahalle Adı	Aktif Yeşil Alanlar	Nüfus	Yüzölçümü (m ²)	Nüfus Yoğunluğu (Kişi/m ²)	Aktif Yeşil Alan Sayısı	Aktif Yeşil Alan (m ²)	Toplam Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)	Kişi Başı Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)
Eğitim	Arabayolu Parkı	12519	2.439,92	5,13	10	369	11112	0,89
	Eğitim Çocuk ve Dinlenme Parkı					2203		
	Barış Park					745		
	Eğitim Dinlenme Parkı					3157		
	Güneş Park					539		
	Huzur Park					59		
	Kooperatifçi Süleyman Parkı					1180		
	Mini Park					86		
	Şirinler Parkı					2170		
	Taş Devri Parkı					604		
Esence	Esence Çocuk ve Dinlenme Parkı	1043	19.785,29	0,05	1	84	84	0,08
Göynüklü	Göynüklü Mahallesi Çocuk Parkı	1559	10.471,02	0,15	2	240	338	0,22
	Göynüklü Çocuk ve Dinlenme Parkı					98		
Halitpaşa	Afacan Park	15436	5.634,02	2,74	21	437	18442	1,19
	Arı Maya Parkı					690		
	Atom Karınca Parkı					1742		
	Deniz Yıldızı Parkı(Engelli)					837		
	Dere Park					1012		
	Halitpaşa Dinlenme Parkı					2100		
	Halitpaşa Spor ve Dinlenme parkı					978		
	Halitpaşa Çocuk ve Dinlenme Parkı					1117		
	Leylekli Parkı					206		
	Liman Parkı					120		
	Masal Çocuk Parkı					2523		
	Pamuk Şekeri Parkı					667		
	Papatya Parkı					368		
	Samanyolu Parkı					588		
	Şelale Park					656		
	Temel Reis Parkı					600		
	Tenis Kordu					720		
Tepe Park	166							
Uzay Park	859							
Yıldız Park	500							
Yıldıztepe Dinlenme Alanı	1556							
Hançerli	Hançerli Mahallesi Çocuk Parkı	337	16.539,40	0,02	1	603	603	1,79

Çizelge 2. Mudanya ilçesi mahallelerinde bulunan aktif yeşil alan özellikleri (devamı)

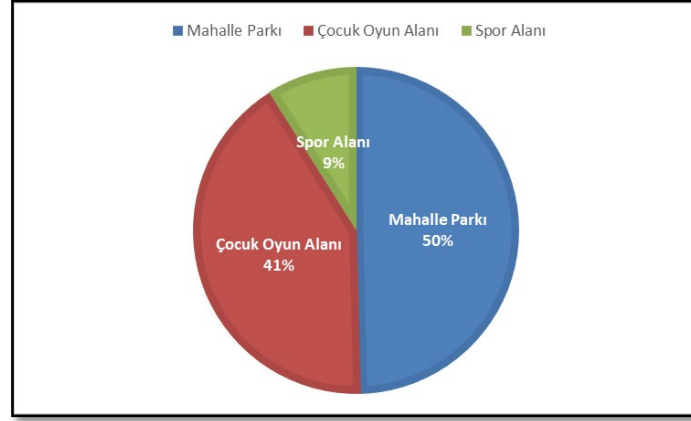
Mahalle Adı	Aktif Yeşil Alanlar	Nüfus	Yüzölçümü (m ²)	Nüfus Yoğunluğu (Kişi/m ²)	Aktif Yeşil Alan Sayısı	Aktif Yeşil Alan (m ²)	Toplam Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)	Kişi Başı Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)
Hasanbey	Bayramyeri Parkı	4017	522,716	7,68	6	2189	4128	1,03
	Deniz Park					527		
	Sindirella Parkı					494		
	Şeker Park					268		
	Şirin Park					181		
	Tekke-i Atık Dinlenme Alanı					469		
Hasköy	Has Park	993	9.573,96	0,1	1	1056	1056	1,06
Işıklı	Işıklı Dinlenme Parkı	379	6.004,02	0,06	1	282	282	0,74
İpekyayla	İpekyayla Dinlenme Parkı	340	9.732,24	0,03	1	440	440	1,29
Kaymakoba	Kaymakoba Çocuk ve Dinlenme Parkı	335	11.674,71	0,03	1	116	116	0,35
Kumyaka	Kumyaka Dinlenme Parkı	667	13.183,95	0,05	1	190	190	0,28
Küçükyenice	Küçükyenice Dinlenme Parkı	222	5.964,82	0,04	1	601	601	2,71
Mesudiye	Mesudiye Çocuk ve Dinlenme Parkı	517	16.499,85	0,03	1	288	288	0,56
Mirzaoba	Mirzaoba Çocuk ve Dinlenme Parkı	474	13.412,75	0,04	1	87	87	0,18
Mürsel	Mürsel 1'nolu Çocuk ve Dinlenme Parkı	2102	8.385	0,25	2	89	144	0,07
	Mürsel 2'nolu Çocuk ve Dinlenme Parkı					55		
Mütareke	İnönü Parkı	654	626,42	1,04	2	1545	1728	2,64
	Sahil Park					183		
Ömerbey	Ata Park	7963	2.935,43	2,71	13	337	14127	1,77
	Atatürk Parkı					3922		
	Çakmak Taş Parkı					410		
	Demirhane Parkı					540		
	Deniz Kızı Parkı					2813		
	Gümüş Park					307		
	Güven Park					305		
	Halit Ahman Parkı					313		
	Papatya Parkı (Engelli)					1719		
	Rüya Park					317		
	Şükrüçavuş Parkı					318		
	Tekel Park					2344		
	Zirve Park					482		
Siteler	Hür Park	10154	916,665	11,08	8	612	8188	0,81
	Siteler Dinlenme Parkı					1600		
	Mavi Park					558		
	Pamuk Prens Parkı					1416		
	Siteler Mahallesi Spor Alanı					1500		
	Siteler Spor ve Dinlenme Parkı					540		
	Şehit Ahmet Aydın Parkı					550		
	Şirinler Parkı					1412		

Çizelge 2. Mudanya ilçesi mahallelerinde bulunan aktif yeşil alan özellikleri (devamı)

Mahalle Adı	Aktif Yeşil Alanlar	Nüfus	Yüzölçümü (m ²)	Nüfus Yoğunluğu (Kişi/m ²)	Aktif Yeşil Alan Sayısı	Aktif Yeşil Alan (m ²)	Toplam Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)	Kişi Başı Aktif Yeşil Alan Miktarı (m ²)
Şükrüçavuş	Gökkuşuğu Parkı	4018	763,396	5,26	6	81	7242	1,8
	Mudanya Dinlenme Alanı					314		
	Şükrüçavuş Parkı					1299		
	Yel Değirmen Parkı					4854		
	Yunuslar Parkı					401		
	Zambak Park					293		
Yalı	Yalı 1'nolu Dinlenme Parkı	8007	768,228	10,42	10	480	9060	1,13
	Çağlayan Spor Alanı					1027		
	Yalı 2'nolu Dinlenme Parkı					3137		
	Kırmızı Başlıklı Kız Parkı					555		
	Özgür Park					904		
	Pınar Park					821		
	Pinokyo Parkı					877		
	Safnaz Park					548		
	Şehit Feyyaz İlhan Parkı (Engelli)					447		
	Tuğtaş Park					264		
Yalıçiftlik	1924 Yalıçiftlik Çocuk Parkı	450	16.075,09	0,03	1	85	85	0,19
Yaman	Yaman Mahallesi Çocuk Parkı	105	5.347,54	0,02	1	69	69	0,66
Yaylacık	Yaylacık Çocuk ve Dinlenme Parkı	126	5.150,13	0,02	1	135	135	1,07
Yeni	Batman Parkı	7768	4.135,83	1,88	8	267	5418	0,7
	Yeni Spor ve Dinlenme Parkı					765		
	Çiçek Park					494		
	Misket Parkı					1183		
	Örümcek Adam Parkı					1152		
	Pembe Panter Parkı					818		
	Oyun parkı					435		
	Zeytin Park					304		
Zeytinbağı	Zeytinbağı 1'nolu Çocuk ve Dinlenme Parkı	1440	29.587,38	0,05	3	456	1890	1,31
	Zeytinbağı 2'nolu Çocuk ve Dinlenme Parkı					567		
	Zeytinbağı 3'nolu Çocuk ve Dinlenme Parkı					867		
TOPLAM		102523	368860		123	103583	103583	1,01

Mudanya ilçesi genelinde toplam aktif yeşil alan miktarının 103583 m² ve kişi başına düşen yeşil alan miktarının ise 1.01 m² olduğu; bu durumun nüfusun en yoğun olduğu Halitpaşa mahallesinde ise 1.19 m²/kişi olduğu saptanmıştır.

İlçe genelinde tespiti yapılan aktif yeşil alanların % 50'sinin mahalle parkları, % 41'inin çocuk oyun alanları, % 9'unun ise spor alanlarından oluştuğu görülmüştür (Şekil 2). Mahalle ölçeğinde aktif yeşil alanların tiplerine göre dağılımları Çizelge 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Aktif yeşil alanların oransal dağılımı

Çizelge 3. Aktif yeşil alanların mahallelere göre dağılımları

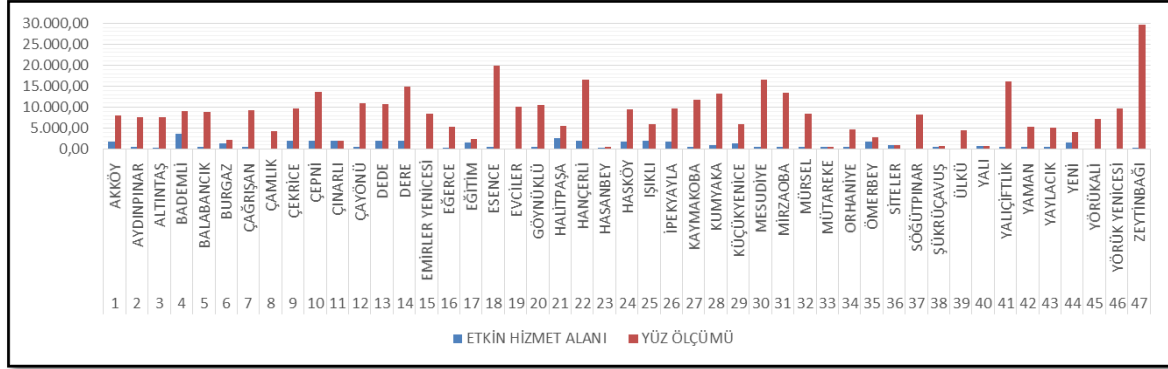
MAHALLE ADI	AKTİF YEŞİL ALAN TÜRÜ			TOPLAM	MAHALLE ADI	AKTİF YEŞİL ALAN TÜRÜ			TOPLAM
	Mahalle Parkı	Çocuk Oyun Alanı	Spor Alanı			Mahalle Parkı	Çocuk Oyun Alanı	Spor Alanı	
Akköy	1	X	X	1	Işıklı	1	X	X	1
Aydınpinar	X	1	X	1	İpekyayla	1	X	X	1
Altıntaş	X	1	X	1	Kaymakoba	X	1	X	1
Bademli	3	X	X	3	Kumyaka	1	X	X	1
Balabancık	X	1	X	1	Küçükyenice	1	X	X	1
Burgaz	2	2	X	4	Mesudiye	X	1	X	1
Çağrıışan	X	1	X	1	Mirzaoba	X	1	X	1
Çamlık	X	X	X	0	Mürsel	X	2	X	2
Çekrice	1	X	X	1	Mütareke	1	1	X	2
Çepni	1	X	X	1	Orhaniye	X	X	X	0
Çınarlı	1	X	X	1	Ömerbey	7	5	1	13
Çayönü	X	1	X	1	Siteler	5	1	2	8
Dede	1	X	X	1	Söğütöinar	X	X	X	0
Dere	1	X	X	1	Şüküröavauş	2	2	2	6
Emirler Yenicesi	X	X	X	0	Ölkü	X	X	X	0
Eğerce	X	1	X	1	Yalı	7	2	1	10
Eğitim	5	5	X	10	Yahöiftlik	X	1	X	1
Esence	X	1	X	1	Yaman	X	1	X	1
Evciler	X	X	X	0	Yaylacık	X	1	X	1
Göynöklü	X	2	X	2	Yeni	4	2	2	8
Halitpaşa	10	8	3	21	Yörükali	X	X	X	0
Hanöerli	1	X	X	1	Yörük Yenicesi	X	X	X	0
Hasanbey	3	3	X	6	Zeytinbağı	X	3	X	3
Hasköy	1	X	X	1	TOPLAM	61	51	11	123

Mudanya ilçe sınırları içerisinde yer alan aktif yeşil alanlardan 61 adet mahalle parkı ve 11 adet spor alanı 800 m ötelenerek 51 adet çocuk oyun alanı 400 m ötelenerek aktif yeşil alanlar için etkin hizmet alanları haritaları oluşturulmuş ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. 1- Mahalle parkları 2- Çocuk oyun alanları 3- Spor alanları için etkin hizmet alanlarını gösterir harita (Orijinal)

Mahalle ölçeğinde aktif yeşil alanlara ait etkin hizmet alanları dağılımları ise şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Mudanya ilçesi yüzölçümü ve etkin hizmet alanlarının mahallelere göre dağılımı

Mudanya ilçesinde yer alan aktif yeşil alanların tamamının toplam 45.601 m² etkin hizmet alanına sahip oldukları bunun ilçe yüzölçümünün sadece %11.61'ine denk geldiği belirlenmiştir. Aktif yeşil alanların etkin hizmet alanlarının en fazla olduğu mahalle Bademli (3700 m²) ve en az olduğu mahalle Egerce (292 m²) olarak tespit edilmiş, ilçe genelinde etkin hizmet alanlarının ortalama değeri ise 982.24 m² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Mudanya etkin hizmet alanlarının mahallelere göre dağılımı

Mudanya Mahalleler	Yüz Ölçümü (m ²)	Etkin Hizmet Alanı (m ²)
1 Akköy Mahallesi	7.942,908	1.875,800
2 Aydınpınar Mahallesi	7.658,920	494,394
3 Altıntaş Mahallesi	7.623,812	408,537
4 Bademli Mahallesi	9.002,499	3.700,873
5 Balabancık Mahallesi	8.867,021	499,202
6 Burgaz Mahallesi	2.120,732	1.346,651
7 Çağrısan Mahallesi	9.199,096	490,213
8 Çamlık Mahallesi	4.258,097	-
9 Çekrice Mahallesi	9.634,651	1.988,351
10 Çepni Mahallesi	13.650,985	2.002,929
11 Çınarlı Mahallesi	2.010,619	1.963,409
12 Çayönü Mahallesi	10.960,879	502,650
13 Dede Mahallesi	10.797,115	2.017,811
14 Dere Mahallesi	14.856,323	2.010,619
15 Emirler Yenicesi Mahallesi	8.466,464	-
16 Egerce Mahallesi	5.367,277	292,489
17 Eğitim Mahallesi	2.439,923	1.663,016
18 Esence Mahallesi	19.785,293	500,326

Çizelge 4. Mudanya etkin hizmet alanlarının mahallelere göre dağılımı (devamı)

19	Evciler Mahallesi	10.093,396	-
20	Göynüklü Mahallesi	10.471,022	561,449
21	Halitpaşa Mahallesi	5.634,017	2.633,317
22	Hançerli Mahallesi	16.539,399	2.010,619
23	Hasanbey Mahallesi	522,716	419,332
24	Hasköy Mahallesi	9.573,955	1.810,415
25	Işıklı Mahallesi	6.004,023	2.014,620
26	İpekyayla Mahallesi	9.732,244	1.782,789
27	Kaymakoba Mahallesi	11.674,712	468,358
28	Kumyaka Mahallesi	13.183,953	1.066,794
29	Küçükyenice Mahallesi	5.964,824	1.386,216
30	Mesudiye Mahallesi	16.499,852	490,557
31	Mirzaoba Mahallesi	13.412,751	502,654
32	Mürsel Mahallesi	8.385,415	611,301
33	Mütareke Mahallesi	626,420	626,420
34	Orhaniye Mahallesi	4.626,727	498,571
35	Ömerbey Mahallesi	2.935,430	1.834,020
36	Siteler Mahallesi	916,665	916,665
37	Söğütönar Mahallesi	8.229,861	-
38	Şükriçavuş Mahallesi	763,396	467,905
39	Ülkü Mahallesi	4.538,452	-
40	Yalı Mahallesi	768,228	768,228
41	Yahçiftlik Mahallesi	16.075,094	502,654
42	Yaman Mahallesi	5.347,536	499,980
43	Yaylacık Mahallesi	5.150,129	500,756
44	Yeni Mahalle	4.135,831	1.648,485
45	Yörükali Mahallesi	7.285,645	-
46	Yörük Yenicesi Mahallesi	9.749,501	-
47	Zeytinbağı Mahallesi	29.587,380	386,106

Sonuç

Yaşam kalitesi göstergesi olan aktif yeşil alanlar kentsel çevrenin önemli mekânsal bileşenleridir. Çeşitli işlevsel özellikleri olan aktif yeşil alanlar yaşam kalitesini çeşitli yönleriyle etkilemekte ve yaşam kalitesinin yükseltilmesinde önemli rol almaktadır. Yaşam kalitesini artırmadaki rolü ise aktif yeşil alanların işlevlerinin sağladığı faydalarla açıklanabilir (Tepe, 2018).

Etkin hizmet alanları bakımından yapılan değerlendirmeler; Mudanya ilçesinin yüz ölçümünün yalnızca %11,61'lik kısmının etkin hizmet alanları içerisinde bulunduğunu, ilçede bulunan 29 mahallenin ortalamasının altında etkin hizmet alanına sahip olduğunu göstermiştir. Diğer yandan 7 mahallede ise herhangi bir aktif yeşil alan tipinin olmadığı görülmüştür. Bu durum, etkin hizmet alanı ortalamasının altında bulunan mahalle

sakinlerinin aktif yeşil alanlara ulaşımını olumsuz etkileyeceği ve aynı zamanda yeşil alanlardan beklenen işlevlerden yararlanamayacağı sonucunu beraberinde getirmektedir. Diğer yandan, etkin hizmet alanları belirlemede mahalle içerisindeki yeşil alanların hizmet alanları birbiri ile kesiştiğinde etkin hizmet alanından faydalanan kullanıcı sayısı düşmektedir. Yeşil alan tipleri tesis edilirken planlama aşamasında bu hususun göz önünde bulundurulması, etkin hizmet alanlarının genişlemesi ve aynı zamanda ulaşılabilirliğin artması, buna bağlı olarak Herzele ve Widemann (2003)'ın da belirttiği gibi yaşam kalitesini olumlu etkileyecektir. Planlama çalışmalarında etkin hizmet alanları dışında kalan yerlerin önceliklendirilmesi ve yeni açılacak olan yerleşim yerlerinin ise etkin hizmet alanları kriterleri dikkate alınarak planlanması gerekmektedir.

Kişi başına düşen yeşil alan miktarı Küçükyenice mahallesinde 2.71 kişi/m² ile en yüksek olarak tespit edilmesine rağmen Mudanya ilçe genelinde bu miktarın 1.01 kişi/m² olduğu ve bu değer imar kanununda belirtilen 10 m²/kişi miktarının oldukça altında bulunduğu saptanmıştır. Bu değerlerin ilgili yönetmeliklere uygun hale getirilmesi için çalışmalar olmasına rağmen özellikle yapılaşması tamamlanmış yerlerde bunun çok zor olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, Mudanya ilçesi aktif yeşil alanları için etkin hizmet alanları haritalarının oluşturulmamış olması yeşil alanlara olan ulaşılabilirliği ve aynı zamanda aktif yeşil alanlardan beklenen işlevlerin tam olarak karşılanmasını engellemektedir. Bu olumsuzluğun giderilmesinin mevcut durumda sağlanmasının oldukça güç olduğu görülmekte olup yeni yerleşim alanları planlamalarında aktif yeşil alan etkin hizmet alanları haritalarının oluşturulması, uygulamalarda bunların dikkate alınması önerilmektedir.

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

- Akten, M., Yılmaz, O. ve Gül, A. 2009. Alan Kullanım Planlamasında Rekreatif Alan Kullanım Ölçütlerinin Belirlenmesi: Isparta Ovası Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 119-133.
- Altunkasa, F. 2004. Adana'nın Kentsel Gelişim Süreci ve Yeşil Alanlar. Adana Kent Konseyi Çevre Çalışma Grubu Bireysel Raporu, Adana.
- Bilgili, B.C., Çığ, A. ve Şahin K. 2011. Van Kenti Kamusal Yeşil Alanlarının Yeterliliğinin Ulaşılabilirlik Yönünden Değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 (2): 98-103.
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L.M., Knight, T.M. and Pullin, A.S. 2010. A Systematic Review of Evidence for the Added Benefits to Health of Exposure to Natural Environments. *BMC Public Health* 10, 456 <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/10/456>.

- Brown, G., Schebella, M.F. and Weber, D. 2014. Using Participatory GIS to Measure Physical Activity and Urban Park Benefits. *Landscape and Urban Planning*, 121: 34-44.
- Caspersen, O.H., Konijnendijk, C.C. and Olafsson, A.S. 2006. Green Space Planning and Land Use: an Assessment of Urban Regional and Green Structure Planning in Greater Copenhagen. *Geografisk Tidsskrift Danish Journal of Geography*, 106 (2): 7-20.
- CDYA. 2002. Annual Report 2001 Program Description and Statistical Summary. CA: CDYA.
- Collins, S. and Brown, H. 2007. The growing challenge of managing outdoor recreation. *Journal of Forestry*, 105 (7): 371-375.
- Cooper-Marcus, C. and Barnes, M. 1999. Healing Gardens: Therapeutic Benefits and Design Recommendations. John Wiley, New York.
- Cüce, B. ve Ortaçesme, V. 2020. Kentsel Yeşil Alanlara Erişilebilirlik. *Peyzaj-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2 (2): 65-77.
- Çelik, B.H. 2020. Bursa Kent Parkları Tasarım Bitkilerinin Toksikolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, BUÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bursa.
- Ender, E. 2011. Adana İli Çukurova İlçesi Aktif Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Açısından İrdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.
- Ender, E. ve Uslu, C. 2016. Mahalle Parklarının Etkin Hizmet Alanlarının Belirlenmesi-Bursa İli Nilüfer İlçesi Örneği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1): 13-20.
- Gül, A., ve Küçük, V. 2001. Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3: 27- 48.
- Güngör, S. ve Yıldız, F. 2022. Covid-19 Pandemisi Öncesi ve Sürecinde Kentsel Yeşil Alanlardaki Sosyal İlişkilerin İncelenmesi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi Araştırma Makalesi*, 7: 27-39.
- Hartig, T., Evans. G.W., Jamner, L.D., Davis, D.S. and Gärling, T. 2003. Tracking Restoration in Natural and Urban Field Settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23 (2): 109–123.
- Herzele, A.V., and Wiedeman, T. 2003. A Monitoring Tool for the Provision of Accessible and Attractive Urban Green Spaces. *Landscape and Urban Planning*, 63 (2): 109-126.
- Karalı, S. 2001. Kentsel Mekân İçerisinde Yer Alan Yeşil Alanların Değerlendirilmesi; İstanbul-Ümraniye Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, Ü.N. 2022. Kentsel Yeşil Alanlara Erişilebilirlik ile Kullanıcıların Psikolojik İyi Olma Hali Arasındaki İlişkinin İrdelenmesi: Konya Kenti Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kellett, J. and Rofe, M. 2009. Creating Active Communities: How Can Open and Public Spaces in Urban and Suburban Environments Support Active Living? A Literature Review. Report by the Institute for Sustainable Systems and Technologies, University of South Australia to SA Active Living Coalition. Heart Foundation. Adelaide. 70 p.

- Keloğlu, E.ve Karabacak, K. 2020. Ankara İli Keçiören İlçesi'nde Açık Yeşil Alanlarının Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60 (2): 776-802.
- Koçan, N. ve İbiş, Ş. 2020. Çankırı İli Kentsel Açık Yeşil Alan Varlığının Belirlenmesi ve Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10 (2): 154-163.
- Köşe, H. ve Kara, B. 2021. Söke (Aydın) Kenti Aktif Açık-Yeşil Alanlarının Yeterliliğinin İncelenmesi, *Kent Akademisi*, 14 (2), 374-388.
- Kuo, F.E. and Sullivan, W.C. 2001. Environment and Crime in the Inner City Does Vegetation Reduce Crime? *Environment and Behavior*, 33: 343-367.
- Maruthaveeran, S. and Van Den Bosch, C.C.K. 2014. A Socio-Ecological Exploration of Fear of Crime in Urban Green Spaces. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13: 1–18.
- Menteşe, S. 2019. Bilecik Şehir Merkezinde Kentsel Açık-Yeşil Alanların Değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırma Dergisi*, 6 (33): 373-379.
- Morar, T., Radoslav, R., Spiridon, L.C. and Păcurar, L. 2014. Assessing Pedestrian Accessibility to Green Space Using GIs. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, (42): 116-139.
- Olgun, R. 2018. Niğde Kenti Açık ve Yeşil Alanlarına Yönelik Stratejik Hedeflerin Belirlenmesi ve Planlama Stratejilerinin Geliştirilmesi. *Doktora Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Antalya.
- Önder, S., Polat, A.T., Korucu, S. 2011. The Evaluation of Existing and Proposed Active Green Spaces in Konya Selçuklu District, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (3): 738-747.
- Romagosa, F. 2018. Physical Health in Green Spaces: Visitors' Perceptions And Activities in Protected Areas Around Barcelona. *Journal Of Outdoor Recreation And Tourism*, 23: 26-32.
- Sezen, I. and Aytatlı, B. 2019. Kentsel Peyzaj Planlamasında Yeşil Alanların Suçun Önlenmesindeki Rolü: Erzurum Örneği, *Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, 12 (4): 823-834.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, 2011. Fiziksel Aktivite. T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü Sağlıklı Beslenme ve Hareketli Hayat Dairesi Başkanlığı. <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/fiziksel-aktivite/ulkemizeddurum.html#:~:text=Sa%C4%9Fl%C4%B1k%20Bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20taraf%C4%B1ndan%202011'de,ciddi%20boyutlarda%20oldu%C4%9Funu%20ortaya%20koymaktad%C4%B1r.> (Erişim Tarihi: 01.05.2021)
- Tepe, A.C. 2018. Açık ve Yeşil Alanların Kentsel Yaşam Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi: Sancaktepe Örneği. *Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, Düzce.*
- TÜİK. 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuc-lari-2020-37210> (Erişim Tarihi: 02.12.2020)

- Tütüncü, Ö. 2012. Rekreasyonun Suç ve Şiddet ile İlişkisi. 48. Ulusal Psikiyatri Kongresi. 09-13 Ekim 2012, Bursa
- Tütüncü, Ö., Aydın, İ. 2014. Toplum ve Açık Hava Rekreasyon Faaliyetleri: ABD Örneği. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 25 (1): 118-120.
- Ulrich, R.S. 1984. View Through a Window May Influence Recovery From Surgery. *Science* 224: 420-421.
- Ünal, M. 2014. Aktif Yeşil Alanların Rekreasyonel Hizmet Etkinliğinin Saptanması: Çukurova İlçesi Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.
- Ünal, M., Uslu, C. 2018. Aktif Yeşil Alanların Rekreasyonel Hizmet Etkinliğinin Saptanması: Çukurova İlçesi Örneği. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35 (3): 32-41.
- Wysmulek, J., Hełdak, M and, Kucher, A. 2020. The Analysis of Green Areas' Accessibility in Comparison With Statistical Data in Poland. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, (17): 4492.
- Yazıcı, K. and Gülgün Aslan, B. 2017. Açık-Yeşil Alanlarda Dış Mekân Süs Bitkilerinin Önemi ve Yaşam Kalitesine Etkisi; Tokat Kenti Örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (3):275-284.
- Zencirkıran, M., Altay Ender, E. and Altun, G. 2019. A Research on Attractive Flowered Exotic Woody Landscape Plant Species Used in Urban Green Spaces in Bursa. Chapter 1: 9-26. *Researches in Landscape and Ornamental Plants* (Edt. Prof.Dr. Murat Zencirkıran). GeceKitaplığı/Gece Publishing, ISBN:978-625-7958-27-1, Ankara.
- Zeybek, O. 2018. Yeni Bir Tasarım Unsuru Olan Kablosuz İnternet Bağlantısının Park Tasarımına Etkileri: İzmir Pasaport İnternet Parkı Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 1-13.



Hakkari İlinde Mısır Cücelik Mozaik Virüsü ve Mısır Mozaik Virüsü'nün Belirlenmesi^A

Nevin AKDURA^{1*}, Handan ÇULAL KILIÇ²

Öz: Mısır (*Zea mays* L.) dünyanın ılıman ve tropik bölgelerinde yetiştirilen ve tarla bitkileri içerisinde yer alan bir bitkidir. Bu çalışmada mısır bitkisinde zararlı ve ekonomik kayıplara neden olan Maize dwarf mosaic virus (Mısır cücelik mozaik virüsü; MDMV) ve Maize mosaic virus (Mısır mozaik virüsü; MMV) etmenleri serolojik bir yöntem olan DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) kullanılarak araştırılmıştır. Survey çalışması ile 2021 yılı Haziran-Eylül aylarında Hakkari'nin mısır üretiminin yapıldığı belli alanlarının viral hastalıklar açısından şüpheli bulunan mısır bitkilerinden cüceleşme, yapraklarda mozaik, şerit şeklinde çizgilenme, kızarma ve buruşma belirtileri sergileyen yaprak örnekleri toplanmıştır. DAS-ELISA testi sonuçlarına göre, 92 örnekten 13'ünde MMV (%14.13), 3'ünde ise MDMV (%3.26) enfeksiyonu tespit edilmiştir. Örneklerin toplandığı Otluca ve Kırıkdağ'da MMV ve MDMV enfeksiyonu tespit edilirken Merzan ve Merkez'de virüs enfeksiyonlarına rastlanılmamıştır. Bu viral etmenler Hakkari ilinde serolojik olarak ilk defa tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır cücelik mozaik virüsü, Mısır mozaik virüsü, DAS-ELISA, Hakkari.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Nevin AKDURA, Hakkari Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 30000, Hakkari, Türkiye, nevinakdura@hakkari.edu.tr, [OrcID 0000-0001-6162-0500](https://orcid.org/0000-0001-6162-0500)

² Handan ÇULAL KILIÇ, ²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye, handankilic@isparta.edu.tr, [OrcID 0000-0003-4020-9442](https://orcid.org/0000-0003-4020-9442)

Determination of Maize Mosaic Virus and Maize Dwarf Mosaic Virus in Hakkari Province

Abstract: Maize (*Zea mays* L.) is a plant grown in temperate and tropical regions of the world and developed as field crops. In this project; Maize dwarf mosaic virus (MDMV) and Maize mosaic virus (MMV) viral agents, which cause harmful and economic losses in maize plants, were detected by using a serological method, DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked Immunosorbent Assay). With the survey study, leaf samples exhibiting symptoms of dwarfism, mosaic, striping, reddening and wrinkling were collected from maize plants suspected in terms of viral diseases from certain areas of Hakkari in June-September 2021. According to DAS-ELISA test results, MMV infection was detected in 13 (14.13%) and MDMV infection in 3 (3.26%) of 92 samples. While MMV and MDMV infections were detected in Otluca and Kırıkdağ where the samples were collected, no virus infections were found in Merzan and the Center. These viral agents were detected serologically for the first time in Hakkari province.

Keywords: Maize dwarf mosaic virus, Maize mosaic virus, DAS-ELISA, Hakkari.

Giriş

Mısır (*Zea mays* L.) dünyanın ılıman, tropik bölgelerinde yetiştirilen ve tarla bitkileri içerisinde yer alan bitkilerden biridir (Kırtok, 1998). Mısır bitkisinin ana vatanı hakkında birçok kaynakta bu bitkinin anayurdunun Amerika kıtası olduğu ve ülkemize ilk olarak 1600 yılında getirildiği belirtilmektedir (Elçi ve ark., 1987; Kün, 1997). Ülkemizde mısır üretimi tahıllar arasında buğday ve arpadan sonra gelmektedir (Şahin, 2001; Okay ve Yazgan, 2016).

Mısır, 50'den fazla virüs için doğal bir konukçu olup yaklaşık 30 kadar bitkiye daha deneysel ev sahipliği yapmaktadır (Lapierre ve Signoret, 2004) ancak bu virüslerden bazıları verimi ciddi şekilde etkileyen hastalıklara neden olmaktadır (Redinbaugh ve Pratt, 2009; Kim ve ark., 2011; Ali ve Yan, 2012). Mısır yetiştirilen tüm ülkelerde mısırdaki virüs hastalığı vakaları rapor edilmiştir. Barley yellow dwarf virus (Arpa sarı cücelik virüsü; BYDV), Maize chlorotic dwarf virus (Mısır klorotik cücelik virüsü; MCDV), Maize dwarf mosaic virus (Mısır cücelik mozaik virüsü; MDMV), Barley stripe mosaic virus (Arpa çizgili mozaik virüsü; BSMV) ve Cucumber mosaic virus (Hıyar mozaik virüsü; CMV) dahil olmak üzere mısır mahsullerinde 40'tan fazla farklı virüsün doğal oluşumları dünyada rapor edilmiştir (Damsteegt ve ark., 1981; Shurtleff ve ark., 1986; White, 1999).

MDMV; *Potyviriidae* familyasının Potyvirus cinsi içerisinde yer almakta olup afit vektörler ile non-persistent olarak taşınmaktadır (Teakle ve Grylls, 1973; Koike ve Gillaspie, 1976; Ford ve ark., 2004; Mohammedi ve Hajieghrari, 2009; Petrik ve ark., 2010; Wang ve ark., 2010; Adams ve ark., 2012). MDMV yaklaşık 250

graminae türünde özellikle mısır, kanyaş ve adi kamışta enfeksiyona neden olmaktadır (Tsai ve Brown, 1989). Mısırdaki yapraklarda mozaik veya beneklenme, bodurlaşma ve bitki ağırlığı ve tane veriminde azalma gibi benzer semptomlara neden olmaktadır (Trzmiel ve ark., 2022). MDMV enfeksiyonu ilk olarak ABD' de Williams ve Alexander (1965) tarafından tanımlanmıştır. Bremer ve Raatikainen (1975), Türkiye'nin batısında *Myzus persicae* (Sulz.) [Homoptera: *Aphididae*] tarafından bulaşan mısırdaki bir mozaik virüsü hastalığı tanımlamışlardır. 1980'lerin sonuna kadar MDMV, Yunanistan, İtalya ve Yugoslavya'da mısır üzerindeki ekonomik açıdan önemli tek viral patojen olmuştur (Panayotou, 1980; Conti, 1982; Tosic ve ark., 1990). Mevcut MDMV teşhisleri, başlıca ticarileştirilmiş enzim bağlantılı immüno sorbent yöntemi (ELISA) ve ters transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonlarını (RT-PCR) içermektedir (Trzmiel ve ark., 2022).

Baloğlu ve ark. (1991) Türkiye'nin Çukurova bölgesindeki mısır tarlalarında MDMV enfeksiyonlarını bildirmişlerdir. İlbağı ve ark. (2006) Trakya bölgesinde 2004 ve 2005 yıllarında mısır bitkilerini inceleyerek mısır virüsü hastalıkları üzerine bir araştırma yapmışlardır. Biyolojik ve serolojik test sonuçlarına göre MDMV tespit edilmiştir. Western blot analizi ve IC-RT-PCR ile (Immunocapture RT-PCR) doğrulanmıştır. Değirmenci ve ark. (2009) Sakarya'da MDMV'yi DAS-ELISA testi ile mısır tohumunun embriyosunda tespit etmiş ve belirli sıcaklıklarda tohumlardaki virüs konsantrasyonunun termoterapi uygulamaları ile düştüğünü bildirmişlerdir.

MMV, *Rhabdoviridae* familyası ve Nucleorhabdovirus cinsine ait olup ilk olarak Hawaii'de tanımlanmıştır (Kunkel, 1921; Carter, 1941). Bir bitki piresi (*Peregrinus maidis*) (Ashmead) ile taşınmaktadır (Tsai, 1975). Rhabdovirüsler ekonomik açıdan önemli patojenler olup hayvanları, insanları ve bitkileri enfekte etmektedir (Hogenhout ve ark., 2003). MMV, birçok tropikal ile subtropikal ülkede önemli mısır hastalığına sebep olmaktadır (Brewbaker, 1981). Özellikle Afrika, Güney Amerika, Hawaii ve Avustralya bölgelerinde önemli bir mısır hastalığıdır (Ming ve ark., 1997; Redinbaugh ve Pratt, 2009).

Ülkemizde MMV farklı illerde daha önce saptanmıştır (Baloğlu ve ark., 1991; İlbağı ve ark., 2006; Değirmenci ve ark., 2013; İlbağı ve Geyik, 2014). Fidan ve Yılmaz (2004) Çukurova'da mısır bitkilerinde, bazı yabancı ot türlerinde ve yaprak biti vektörlerinde RT-PCR kullanarak MDMV ile MMV'nin tekli ve karışık enfeksiyonlarını saptamışlardır.

İspanya, Şili ve Macaristan'da yapılan çalışmalarda MDMV, DAS-ELISA ve RT-PCR yöntemleri ile tespit edilmiştir (Achon ve ark., 2007; Giolitti ve ark., 2005; Tobias ve Palkovics, 2004). Haji ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, MDMV'nin Irak'ta pirinç bitkilerini enfekte edemeyeceğini araştırmış ve toplanan örnekleri RT-PCR yöntemi ile MDMV insidansı açısından test etmişlerdir. Sonuçlar, toplanan örneklerin MDMV tarafından enfekte olduğunu göstermiştir. Enfekte olmuş pirinç bitkilerinin tohumları MDMV içermemiştir. MDMV'nin semptomatik pirinç bitkilerinde görülme sıklığı, RT-PCR, mekanik aktarım ve yaprak biti aktarımı ile doğrulanmıştır. Ammar ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada Maize Iranian mosaic virus (MIMV)'ü MMV izolatları ile serolojik olarak karşılaştırmış ve karakterize etmişlerdir.

Hakkari ilinde MDMV ve MMV'nin mısır bitkilerinde tespitleri, yaygınlıkları ve ekonomik zararları hakkında bir kaynak bulunmamaktadır. Bu çalışma ile MDMV ve MMV etmenlerinin serolojik olarak Hakkari ilinde tespitleri ve yaygınlıkları ilk defa belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma için 2021 yılı Haziran-Eylül aylarında Hakkari Kırıkdağ, Otluca, Merzan ve Merkez'deki mısır üretim alanlarında survey çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Surveyler sırasında mozaik, yaprak deformasyonu, kloroz, yaprakta çizgi şeklinde oluşumlar, bitki boyunda kısalma gibi virüs benzeri semptomlar sergileyen toplam 92 bitkiden yaprak örnekleri alınmıştır. Bitkiler görsel olarak tek tek incelenmiştir. Örnekleme yapılan alanların hastalık yoğunluğuna bağlı olarak her bir bahçeden için en az 3'er örnek toplanmıştır. Toplanan yaprak örnekleri polietilen torbalara içerisinde muhafaza edilmiş ve virüs konsantrasyonunda herhangi bir kayıp yaşanmaması için buz kutularına konulmuştur. Yaprak örnekleri -20°C'de DAS-ELISA testi yapılincaya kadar saklanmıştır.

DAS-ELISA testi (Clark ve Adams, 1977) firmanın önerdiği şekilde yapılmıştır. Çalışmada virüslerin testlenmesinde MMV için Agdia (ABD), MDMV için ise Bioreba (İsviçre) ticari kiti kullanılmış ve firmaların önerileri doğrultusunda çalışmalar yürütülmüştür. Kitin içerisinde bulunan pozitif ve negatif kontroller referans olarak kullanılmıştır. Renk değişimine bağlı olarak plate'lerin 405 nm dalga boyunda okumaları gerçekleştirilmiştir.

DAS-ELISA yöntemi şu şekilde uygulanmıştır:

-Kaplama tamponu ile sulandırılarak hazırlanan virüslere özgü antikor ELISA plate'in kuyucuklarına 200'er µl ilave edilerek + 4 °C'de tüm gece inkubasyona bırakılmış ve inkubasyonu takiben plate'ler boşaltılıp yıkama tamponu ile 3 kez yıkanmıştır.

-Genel ekstraksiyon tampon solüsyonunda ezilen ve bekletilen örnekler altalta gelecek şekilde her çukura 200'er µl olarak konularak +4 °C'de tüm gece inkubasyona bırakılmıştır.

-Inkubasyonu takiben yıkama tamponu (PBS-Tween Buffer) ile tüm çukurlar 3 kez yıkanmıştır.

-Konjugat tamponu (ECI Buffer) 1:5; konjugatlar (Alkaline phosphatase enzim konjugat) ise 1:100 oranında sulandırılarak hazırlanmış ve her bir çukura 200 µl ilave edilerek 37 °C'de 4 saat süre ile inkubasyona bırakılmıştır.

-Substrat tamponu (P-nitrophenly phosphate) ile taze olarak hazırlanan substrattan her bir çukura 200 µl konularak oda sıcaklığında 2 saat süre ile inkubasyona bırakılmış ve renk değişimi gözlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmanın yürütüldüğü alanlarda mısır yapraklarında şekil bozuklukları, nekrotik lokal lezyonlar, damar çekilmesi, şerit şeklinde çizgi, sararma, mozaik ve bitkide bodurlaşma belirtileri gözlemlenmiştir (Şekil 1). Tipik viral enfeksiyon belirtisi sergileyen bitkilerden 92 yaprak örneği toplanarak DAS-ELISA testinde kullanılmıştır (Çizelge 1).

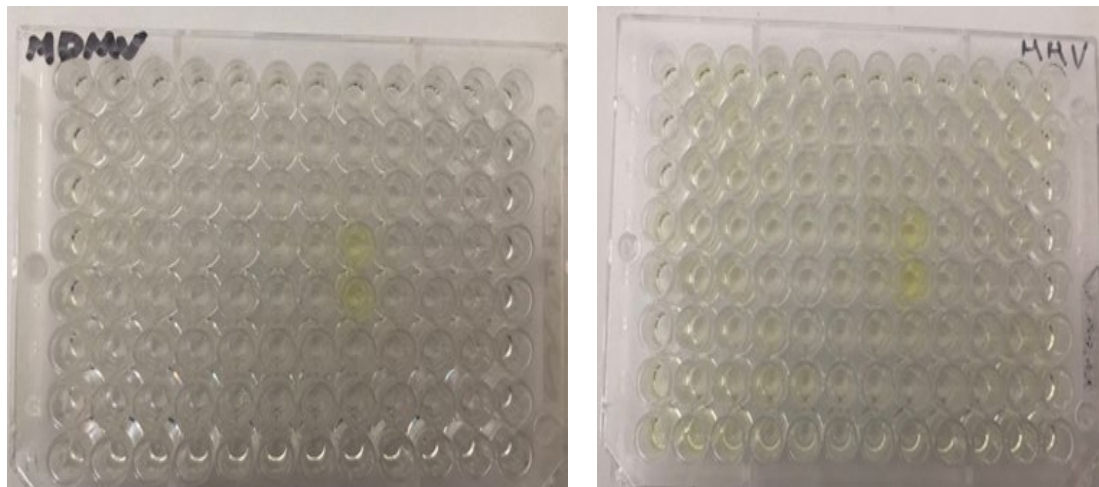


Şekil 1. Mısır bitkilerinin yapraklarında (a) şekil bozukluğu (b) şerit şeklinde çizgi ve mozaik (c) sararma ve bodurlaşma (d) şerit şeklinde çizgi ve sararma belirtileri

Çizelge 1. Surveylerde mısır alanlarından toplanan örnek sayısı

Örnek Alınan Yerler	Toplanan Örnek Sayısı
Otluca	21
Kırıkdağ	50
Merzan	15
Merkez	6
TOPLAM	92

Toplanan 92 yaprak örneğinin tamamına DAS-ELISA testi uygulanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. ELISA plate'inde meydana gelen renk değişimi (MDMV ve MMV pozitif örnekler sarı renkli çukurları, negatif örnekler şeffaf renkli çukurları göstermektedir.)

DAS-ELISA testi sonuçlarına göre, 92 örneğin 16 adedinin (%17.39) virüsler ile enfekteli olduğu bulunmuştur. Örneklerin toplandığı Otluca ve Kırıkdağ'da MMV ve MDMV enfeksiyonu görülmüş, Merzan ve Merkezde virüs enfeksiyonlarına rastlanmamıştır.

Örnek alınan yerlerdeki MMV enfeksiyon oranı; Otluca'da %38.09 ve Kırıkdağ'da %10'dur. MDMV enfeksiyon oranı ise Otluca'da %4.76, Kırıkdağ'da %4'dür. Test edilen örneklerde karışık enfeksiyona rastlanılmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Mısır örneklerinin toplandığı yerler, alınan örnek sayısı ve virüslerin bulunma durumları

Örnek Alınan Yer	Toplanan Örnek Sayısı	MMV ile enfekteli örnek Sayısı	% Enfeksiyon Oranı	MDMV ile enfekteli örnek Sayısı	% Enfeksiyon Oranı
Otluca	21	8	38.09	1	4.76
Kırıkdağ	50	5	10	2	4
Merzan	15	-	-	-	-
Merkez	6	-	-	-	-
TOPLAM	92	13	14.13	3	3.26

Değirmenci ve ark. (2013); Sakarya ilinde MDMV enfeksiyonunu serolojik ve moleküler yöntemler ile tespit etmişlerdir. 2008-2009 yılları arasında Sakarya Tarımsal Araştırma Enstitüsü mısır ıslah parsellerinde yapılan survey ve laboratuvar çalışmalarında 10 adet mısır ıslah hattından 5 tanesinin MDMV ile bulaşık olduğu belirlenmiştir. Enfeksiyon kaynağını belirlemek amacı ile bulaşık bulunan bu hatların hem bu hasat döneminde hem de geçmiş yıllara ait tohumları, DAS-ELISA testi ile test edilerek virüsün tohumla taşınma durumu ve virüsün tohumun hangi kısmında yer aldığı belirlenmiştir. Yapılan DAS-ELISA testlerine göre, sadece 1 hatta ait tohumların MDMV ile bulaşık olduğu ve virüsün de tohumun embriyosunda yer aldığı belirlenmiştir. MDMV enfeksiyonu RT-PCR yöntemi kullanılarak moleküler olarak da teyit edilmiştir. İlbağı ve Geyik (2014); 2012 yılında yapılan gözlem ve incelemeler sonucu sistemik hastalık belirtileri sergileyen 50 mısır yaprak örneğinde BYDV-PAV, CYDV-RPV, MDMV ve SCMV araştırmışlardır. DAS-ELISA testi uygulanan örneklerin 15 adedinde %30 oranında MDMV, 10 adedinde ise %20 oranında MDMV+SCMV virüslerinin karışık enfeksiyonları belirlenmişlerdir. Bursa ili mısır tarlalarında gözlenen semptomatik bitkilerin 25 adedinde %50 oranında virüs enfeksiyonlarından etkilendiklerini belirlemişlerdir. Toksöz ve Kutluk-Yılmaz (2016) Samsun ilinde yaptıkları çalışmada 184 farklı mısır tarlasından topladıkları 290 yaprak örneğini ELISA yöntemi ile test etmiş ve örneklerin %4.8 oranında MDMV ile enfekteli olduğu belirlemişlerdir. Bu örneklerden seçilen 130 örneğin ELISA ile testlenmesi sonucunda ise %7.7'sinin de MMV ile enfekteli olduğu belirlenmiştir.

Giolitti ve ark. (2005); 2000-2001 yılları arasında Şili'de mısır üretim alanlarında MDMV benzeri semptomlara sahip bitkiler toplayarak DAS-ELISA ve RT-PCR analizleri ile bu virüsün tespitini gerçekleştirmişlerdir. Aguilera ve ark. (2019), Meksikada yaptıkları çalışmada 2006-2007 yılları arasında 4 farklı alandan 228 mısır yaprak örnekleri toplayarak DAS-ELISA testi ile MDMV ve MMV'yi araştırmışlardır. Testlemeler sonucunda MMV tespit edilememiş ancak MDMV %12 oranında tespit edilmiştir.

Ülkemizde yapılan çalışmalarda da MDMV tespit edilme oranı MMV'ye göre daha düşüktür ve bu çalışmada da benzer bir sonuç elde edilmiştir. Merzan ve Merkez'de her iki virüsünde tespit edilmemesi farklı alanlardan örnek toplanması durumunda daha genel bir değerlendirme yapabileceğimizi göstermektedir. Bu virüsler ile ilgili olarak farklı ülkelerde yapılan çalışmalar genellikle moleküler tespite dayandırıldığı için bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılamamıştır.

Sonuç

MDMV ve MMV ekonomik olarak mısır bitkilerinde hastalıklara sebep olan bitki virüsleridir. Bu etmenlerin Hakkari ilinde mısır bitkilerindeki tespitleri, yaygınlıkları ve ekonomik zararları hakkında bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın konusunu, bu etmenlerin tespitini belirlemek amacı ile DAS-ELISA yöntemi ile araştırılması oluşturmuştur. Bu çalışmada, plate'ler kullanılarak fazla sayıda örneğe uygulanabilmesinden dolayı DAS-ELISA yöntemi tercih edilmiştir.

Hakkari ilinde MDMV ve MMV ile ilgili olarak bir araştırma yapılmadığı için mısır bitkisindeki etkileri bilinmemektedir. Bunun sonucu olarak belki de bitkilerin üretim değeri yüksek olmamakta ve kalitenin düşmesi söz konusu olmaktadır. Bu etmenler başlıca mısır olmak üzere buğday ve arpa gibi bitkilerde olumsuz etkilere sebep olan patojenlerdir. Ekonomik olarak etkileri yüksek olan patojenler olmalarına karşın Hakkari ilinde serolojik olarak araştırılmamıştır. Saha çalışması yapılan alanlarda zirai ilaç kullanımının yaygın olmaması ve yerli tohum kullanılması dikkat çekmiştir. Etmenler mekanik olarak, vektörler ve tohum ile taşınabildikleri için iç karantina kurallarına uyulması uygun olacaktır.

Bu çalışma ile Hakkari'nin Merkez, Otluca, Kırıkdağ ve Merzan mısır üretim alanlarında MDMV ve MMV'nin serolojik olarak varlığı ilk kez ortaya konulmuştur. Ülkemizde de mısır virüslerinin belirlenmesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bölgeden elde edilen bulgular daha sonra yapılacak moleküler ve dayanıklılık çalışmalarına basamak oluşturacak niteliktedir.

Teşekkür

Çalışmayı FM22BAP1 No'lu proje ile maddi olarak destekleyen Hakkari Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ediyoruz. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamakta olup bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

Kaynakça

- Adams, M. J., Zebrini, F. M., French, R., Rabenstein, F., Stenger, D. C. and Valkonen, J. 2012. *The Viruses: Potyviridae*. In King, A. M. Q., Lefkowitz, E., Adams, M. J. and Carstens, E. B. (Eds.), *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses : Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, Elsevier Academic Press, Waltham MA, pp. 1069-1089.
- Achon, M. A., Serrano, L., Alonso-Duenas, N. and Porta, C. 2007. Complete genome sequences of maize dwarf mosaic virus and sugarcane mosaic virus isolates coinfecting maize in Spain. *Archives of Virology*, 152: 2073-2078.
- Aguilera, S., Rodríguez-Escobar, J. G., Romero-González, V. N., Osorio-Acosta, F., López-Romero, G. and Silva-Rosales, L. 2019. Identification and abundance of six viruses and a spiroplasma in single and mixed infections in maize fields in Veracruz, Mexico. *Revista bio ciencias* 6, e419.
- Ali, F. and Yan, J. 2012. Disease resistance in maize and the role of molecular breeding in defending against global threats. *J Integr Plant Biol*, 54: 134-151.
- Ammar, E. D., Gomez-Luengo, R. G., Gordon, D. T. and Hogenhout, S. A. 2005. Characterization of Maize Iranian mosaic virus and comparison with Hawaiian and other isolates of Maize mosaic virus (*Rhabdoviridae*). *Journal of Phytopathology*, 153(3): 129-136.
- Baloğlu, S., Aktura, T. ve Yılmaz, M. A. 1991. Çukurova Bölgesinde yetiştirilen I. ve II. ürün mısırdaki mekanik olarak taşınabilen virüslerin saptanması. VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, 7- 11 Ekim, İzmir, s: 329-332.
- Bremer, K. and Raatikainen, M. 1975. Cereal disease transmitted or caused by aphids and leafhoppers in Turkey. *Ann Acad Sci Fenn Biol.*, 203: 1-14.
- Brewbaker, J. L. 1981. *Resistance to maize mosaic virus*. In: Gordon, D. T., Knoke, J. K., Scott, G. E. (Eds.). *Virus and viruslike diseases of maize in the United States*. So. Coop. Ser. Bull., Ohio, pp. 145-151.
- Carter, W. 1941. *Peregrinus maidis* (Ashm.) and the transmission of corn mosaic. I. Incubation period and longevity of the virus in the insect. *Ann Entomol Soc Am*, 34: 551-556.
- Clark, M. F. and Adams, A. N. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of general virology*, 34(3): 475-483.
- Conti, M. 1982. Maize viruses and virus diseases in Italy and other Mediterranean countries. Proc Intern Maize Virus Disease Colloq and Workshop, Wooster, OH, USA, 103-112.
- Damsteegt, V. D. 1981. Exotic virus and viruslike diseases of maize in the United States, *Southern Cooperative Series Bulletin*, 247.
- Değirmenci, K., B. Akbaş ve Cengiz, R. 2009. Bazı mısır hatlarına ait tohumlarda Maize dwarf mosaic virus (MDMV)'nin varlığının belirlenmesi ve termoterapi uygulaması ile tohumdan arındırılması. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, Van, 15-18 Temmuz. s: 203.

- Değirmenci, K., Akbaş, B., Cengiz, R. ve Ertunç, F. 2013. Bazı Mısır Hatlarına Ait Tohumlarda Maize dwarf mosaic virus (MDMV)'nün Varlığının Belirlenmesi ve Termoterapi Uygulaması ile Tohumdan Arındırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 69-73.
- Elçi, S., Kolsarıcı, Ö. ve Geçit, H. H. 1987. *Tarla Bitkileri*. A.Ü.Ziraat Fak.Yay. No:100, Ofset Basım: 30, Ankara.
- Fidan, H. ve Yılmaz, M. A. 2004. Çukurova Bölgesi mısır ekim alanlarında zararlı spiroplasma ve önemli virüs hastalık etmenlerinin saptanması. Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 8-10 Eylül 2004, Samsun, 210.
- Ford, R. E., Tomic, M. and Shukla, D. D. 2004. Maize dwarf mosaic virus. *AAB Descriptions of Plant Viruses Online*, 341.
- Giolitti, F., Herrera, M. G., Madariaga, M. and Lenardon, S. L. 2005. Detection of Maize Dwarf Mosaic Virus (MDMV). *Maydica*, 50: 101-104.
- Haji, V. J., Abduljalil, Z. A. and Kassim, N. A. 2022. Maize dwarf mosaic virus: a new causal agent inducing disease in rice plants of the fields of Kurdistan Region of Iraq. *Tropical Plant Pathology*, 1-9.
- Hogenhout, S. A., Redinbaugh, M.G. and Ammar, E-D. 2003. Plant and animal rhabdovirus host range: a bug's view. *Trends Microbiol.*, 11: 264-271.
- İlbağı, H., Rabenstein, F., Habekuss, A., Ordon, F. ve Çıtır, A. 2006. Incidence of virus diseases in maize fields in the Trakya region of Turkey. *Phytoprotection*, 87(3): 115-122.
- İlbağı, H. ve Geyik, S. 2014. Türkiye'de Bursa İli Mısır (*Zea mays* L.) Tarlalarında Görülen Virüs Hastalıklarının Saptanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1): 122-125.
- Kırtok, Y. 1998. *Mısır Üretimi ve Kullanımı*. Kocaelik Basım ve Yayınevi, İstanbul.
- Kim, M. K., Kwak, H. R., Lee, S. H., Kim, J. S., Kim, K. H., Cha, B. J. and Choi, H. S. 2011. Characteristics of Cucumber mosaic virus isolated from *Zea mays* in Korea. *The Plant Pathology Journal*, 27(4): 372-377.
- Koike, H. and Gillaspie, A. G. 1976. Strain M. A new strain of sugarcane mosaic virus. *The Plant Diseases Reporter*, 60: 50-54.
- Kunkel, L. O. 1921. A possible causative agent for the mosaic disease from corn Hawaii Sugar Expt. *Stn Bull Bot Ser*, 3: 44-58.
- Kün, E. 1997. *Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları)*, Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay. No:1452, Ders Kitabı No: 432, Ankara.
- Lapierre, H. and Signoret, P. A. 2004. *Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae)*. INRA Ed, Paris.
- Ming, R., Brewbaker, J. L., Pratt, R. C, Musket, T. A. and McMullen, M. D. 1997. Molecular mapping of a major gene conferring resistance to maize mosaic virus. *Theor Appl Genet*, 95: 271-275.
- Mohammadi, M. R. and Hajieghrari, B. 2009. Sugarcane mosaic virus: The causal agent of mosaic disease on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in Tehran province of Iran. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5271-5274.

- Okay, D. ve Yazgan, S. 2016. Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Mısır Bitkisi Verimi Üzerine Etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Der.*, 30 (1): 1-12 .
- Panayotou, P. C. 1980. Maize dwarf mosaic virus in Greece. *Plant Dis*, 64: 803-804.
- Petrik, K., Sebestyen, E., Gell, G. and Balazs, E. 2010. Natural insertions within the N terminal region of the coat protein of Maize dwarf mosaic potyvirus (MDMV) have an effect on the RNA stability. *Virus Genes*, 40: 135-139.
- Redinbaugh, M. G. and Pratt, R.C. 2009. *Virus resistance*. In: Bennetzen, J. L. and Hake, S. C. (Eds) *Handbook of maize: its biology*. Springer, New York, pp. 251-268.
- Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. St. Paul, M.N. *American Phytopathological Society*, 60-63.
- Şahin, S. 2001. Türkiye’de Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı ve Mısır Üretimi. G.Ü. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1): 73-90.
- Teakle, D. S. and Grylls, N. E. 1973. Four strains of sugarcane mosaic virus infecting cereals and other grasses in Australia. *Australian Journal of Agricultural Resesearch*, 24: 465-477.
- Tobias, I. and Palkovics, L. 2004. An unusual feature at the N-terminal end of the coat protein of Maize dwarf mosaic virus isolated in Hungary. *Journal of Phytopathology*, 152: 445-447.
- Toksöz, Y. ve Kutluk-Yılmaz, N. D. 2016. Samsun ilinde mısır (*Zea mays* L.) üretim alanlarında enfeksiyon oluşturan virüslerin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 31: 199-206.
- Tosic, M., Krstic, B. and Jankovic, D. 1990. Epidemijaska pojava mozaièe krljavosti kukuruza u Jugoslaviji. *Zašcaron;t Bilja*, 41: 81-93.
- Tsai, J. H. 1975. Occurrence of a corn disease in Florida transmitted by *Peregrinus maidis*. *The Plant Disease Reporter*, 59: 830-833.
- Tsai, J. H. and Brown, L. G. 1989. Maize dwarf mosaic virus. Division of Plant Industry. *Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv. Plant Path.*, Circular, 320.
- Trzmiel, K. and Hasiów-Jaroszewska, B. 2022. Development of reverse transcription-loop-mediated isothermal amplification assay for the detection of genetically different isolates of maize dwarf mosaic virus. *Journal of Plant Protection Research*, 302-306.
- Wang, J. G., Zheng, H. Y., Chen, H. R., Adams, M. J. and Chen, J. P. 2010. Molecular diversities of sugarcane mosaic virus and sorghum mosaic virus isolates from Yunnan province, China. *Journal of Phytopathology*, 158: 427-432.
- White, D. G. 1999. *Compendium of corn diseases 3th ed.*, Aps Press, St Paul MN, pp. 38-43.
- Williams, L. E. and Alexander, L. J. 1965. Maize dwarf mosaic, a new corn disease. *Phytopathology*, 55: 802-804.



Tuzak Bitkilerin Kök-ur Nematodları ile Mücadelede Kullanım Potansiyelleri^A

Gökhan AYDINLI¹, Esra ÇALTEPE², Sevilhan MENNAN^{2*}

Öz: Nematolojik açıdan tuzak bitki uygulamaları, topraktaki nematod popülasyonunu baskılamak amacıyla uygulanabilecek bitki temelli stratejilerden biridir. Tuzak bitkilerin temel felsefesi, nematodu kendine çekerek, belli bir alanda toplaması ve toplu olarak kolayca imha edilmesine imkan vermesidir. Böylece tuzak bitkiler, hedef ana ürün bitkisini nematod saldırısından korumak, zararlının bu bitkilere ulaşmasını önlemek veya zararlıyı kendine çekerek ekonomik olarak yok edilebilecekleri şekilde yoğunlaştırmak amacıyla yetiştirilirler. Tuzak bitkilerin, zararlıyı belli bir alanda toplama etkisinin yanında, zararlıya olumsuz etkiler göstermesi durumunda; bu tip bitkiler ingilizcede “dead-end” yani “çıkılmaz sokak” olarak nitelendirilirler. Her ne kadar, nematodlar için tuzak bitki olarak bilinen bitki sayısı sınırlı olsa da, nematodun konukçusu ile olan beslenme davranışı da dikkate alındığında, hassas bitkilerin bile tuzaklama amacıyla kullanılabilir potansiyelde olması, bu uygulamanın bir mücadele stratejisi olarak kullanılabilme potansiyelini artırmaktadır. Tuzak bitkilerin ana ürün bitkileri arasında kısa süreli yetiştirilmesiyle, üretim yapılan alandaki nematod popülasyonunun etkili bir şekilde azaldığı ve kendinden sonra yetiştirilen bitkide, belirgin verim artışı sağlandığı bilinmektedir. Ayrıca, kimyasal kullanımının da azalmasına katkı sağlayan bu yaklaşımlar, hem ekonomik olarak daha karlı hem de çevre ve insan sağlığı için güvenli ve sürdürülebilir bir üretimin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, kök-ur nematodları ile mücadelede tuzak bitkilerin kullanımının ele alındığı çalışmada, tuzaklama

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Sevilhan MENNAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye, smennan@omu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-4346-8100](https://orcid.org/0000-0002-4346-8100)

¹ Gökhan AYDINLI, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bafra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Samsun, Türkiye, gokhanay@omu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-3280-0411](https://orcid.org/0000-0002-3280-0411)

² Esra ÇALTEPE, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye, esra.caltepe55@gmail.com, [OrcID 0000-0001-7739-0551](https://orcid.org/0000-0001-7739-0551)

stratejileri açıklanmaya çalışılarak, tuzaklama uygulamasını destekleyici stratejiler, günümüze değin yapılan örneklerle derlenerek özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki paraziti nematodlar, entegre mücadele, kök-ur nematodları, tuzak bitkiler.

The Potentials of Trap Crops for the Control of Root-Knot Nematodes

Abstract: Trap plant strategies are one of the plant-based strategies that can be applied to suppress the nematode population in the soil from a nematological point of view. The basic philosophy of trap plants is to attract the pest to itself, to collect it in a certain area, and to allow it to be destroyed easily. Thus, trap plants are grown to protect the target main crop plant from nematode attack, to prevent the pest from reaching these plants, or to intensify the pest so that it can be economically destroyed by attracting them. When trap plants have negative effects on the nematode in addition to collecting the pest in a specific area, these plants are referred to as "dead-end" in English. Although the number of plants known as nematode trap plants is limited, considering the nematode's feeding behavior with its host, the ability to trap even susceptible plants increases the potential of this application as a control strategy. It is known, in particular, that short-term cultivation of trap plants among cash crop plants effectively reduces the nematode population in the production area and results in a significant increase in yield in the plant grown after it. Furthermore, these approaches that contribute to chemical reduction ensure both economically more profitable production as well as safe and sustainable production for the environment and human health. As a result, in the study that discusses the use of trap plants against root-knot nematodes, the trapping strategies are attempted to be explained, and the strategies that support the trapping application are summarized by collecting the examples provided so far.

Keywords: Plant-parasitic nematodes, Root-knot nematodes, integrated management, trap crops.

Giriş

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), tüm dünyada yaygın olarak bulunan obligat türler olup ekonomik önem bakımından bitki paraziti nematodlar içinde ilk sıradadırlar (Jones ve ark., 2013). *Meloidogyne* cinsinde, yaklaşık 105 tür tespit edilmiş olup (Ghaderi ve Karssen, 2020); *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood ve *Meloidogyne hapla* Chitwood en yaygın görülenlerdir (Elling, 2013). Kök-ur nematodlarının konukçu aralığı çok geniş olup 3.000'den fazla bitki türünde zarar yapmaktadır (Abad ve ark., 2003). Bitkilerde neden oldukları zararın boyutu; nematodun türü, popülasyon yoğunluğu, bitkinin çeşidi, toprak yapısı, sıcaklığı ve nemine bağlı olarak değişiklik gösterse de; dünya genelinde, kök-ur nematodlarından kaynaklanan ürün kaybının ortalama %5-15 arasında

olduğu (Collange ve ark., 2011) ve mücadele yapılmaması durumunda %100'e kadar ulaşabildiği bilinmektedir (Wesemael ve ark., 2011).

Kök-ur nematodu ile mücadele yöntemlerinin başında kültürel önlemler ve nematisit uygulamaları gelmektedir. Kültürel önlemler içinde en etkili olanı dayanıklı çeşitlerin kullanımı olsa da; dayanıklı ticari çeşitlerin domates ve biber ile sınırlı kalması, kök-ur nematodlarının geniş konukçu dizisine sahip olmaları ve bir ekim alanında birden fazla türden oluşan karışık populasyonların varlığı (Xiang ve ark., 2018) bu uygulamayı sınırlandırmaktadır. Kimyasalların da pahalı olmaları, çevre ve insan sağlığı açısından riskler oluşturmaları gibi dezavantajları mevcuttur (Ploeg, 2002; Zasada ve ark., 2010; Desaegeer ve ark., 2017; Xiang ve ark., 2018; Mıstanoğlu ve ark., 2021). Bu nedenlerle kök-ur nematodları ile alternatif mücadele yöntemleri ve bu yöntemlerin etkinliği üzerinde özellikle son yıllarda artan oranlarda çalışılmaktadır (Hajihassani ve ark., 2019a; Hajihassani ve ark., 2019b; Forghani ve Hajihassani, 2020). Bu alternatifler içinden biyolojik mücadele ve bitki dayanıklılığı çalışmaları ön plana çıkmaktadır. Biyolojik preparatlar günümüzde ticari olarak mevcut olmasına rağmen, başta fungus ve bakterilerden oluşan biyolojik mücadele ajanlarının etki oranları, pek çok değişkene bağlıdır (Zhou ve ark., 2016; Xiang ve ark., 2018; Poveda ve ark., 2020). Örneğin, bitki eksudatları bile rhizosferdeki şeker, organik ve aminoasitlerin oranlarını değiştirdiğinden, biyolojik mücadele etmeni fungus ve bakterileri de etkilemektedir. Böylece, nematodların arazi şartlarındaki biyolojik kontrolü, genellikle deneysel sonuçlardaki kadar yüksek başarılarla ulaşamamaktadır (Poveda ve ark., 2020). Bu nedenlerle, diğer mücadele uygulamaları ile birlikte kullanılacak en başarılı seçeneklerin başında bitki dayanıklılığı gelmektedir (Lopez-Gomez ve ark., 2016). Ancak yetiştirilen her bitki türünün ticari olarak kullanımına uygun dayanıklı çeşidi bulunmaması yanında; aynı dayanıklı bitkinin devamlı yetiştirilmesiyle oluşan seleksiyon baskısı sonucunda, dayanıklılığı kıran nematod popülasyonları da saptanmıştır (Castagnone-Sereno, 2002; Abad ve ark., 2003; Karajeh ve ark., 2005; Xiang ve ark., 2018; Hajihassani ve ark., 2019b). Böylece farklı dayanıklılık kaynaklarının kullanıldığı, konukçu olmayan veya zayıf konukçu olan bitkilerin ve tuzak bitkilerin kullanıldığı farklı üretim modelleri, dayanıklılık kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önemli ve faydalıdır. Sentetik kimyasalların keşfinden önce, mücadelede önemli bir yere sahip olan tuzak bitkiler, kimyasalların çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin artmasıyla birlikte, yeniden önem kazanmış olup, entegre mücadelenin önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Xu ve ark., 2006; Haque ve ark., 2008; Dias ve ark., 2012; Vestergard, 2019; Sacchi ve ark., 2021).

Hem organik hem de konvansiyonel tarım alanlarında uygulanabilecek kapasitedeki tuzak bitkilerin kullanımı, ana ürünü hastalık etmeni, böcek ve nematod zararından korumak için, onları cezbederek kendinde toplayan bitkilerin yetiştirilmesi olarak özetlenebilir (Hokkanen, 1991). Bir alanda tuzak bitkilerin kullanım şekli, tuzak bitki olarak kullanılan bitkinin özelliği ve bu bitkinin imha edilme zamanına bağlı olarak değişmekle beraber; genellikle ana ürün ile aynı zamanda tekli sıralar, çoklu sıralar veya düzensiz dağılım şeklinde ya da ana üründen önce yetiştirilme şeklinde olabilir (Shelton ve Badenes-Perez, 2006). Tuzak bitkiler bir mücadele tekniği olarak değerlendirildiğinde, en fazla böceklerle ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. Tuzak bitkilerin temel felsefesi, zararlıyı kendine çekerek, belli bir alanda toplaması ve toplu olarak kolayca imha edilmesine imkan vermesidir. Böylece tuzak bitkiler, hedef ana ürün bitkisini zararlı saldırısından korumak, zararlıının bu bitkilere

ulaşmasını önlemek veya onları ekonomik olarak yok edilebilecekleri tarım alanının belirli bir bölümünde yoğunlaştırmak için zararlıyı çekmek amacıyla yetiştirilen bitkilerdir (Shelton ve Badenes-Perez, 2006). Bu tanımın temel ilkesi, zararlıın tuzak bitki işlevi gören bitkiler ve korunacak bitkiler arasındaki tercihidir. Tuzak bitkilerin, zararlıyı belli bir alanda toplama etkisinin yanında, zararlıya olumsuz etkiler göstermesi durumunda; bu tip bitkiler İngilizcede “dead-end” yani “çıkılmaz sokak” olarak nitelendirilirler. Tuzak bitkilerin nematod mücadelesinde kullanımı uygulamalarına ise 1800’lü yılların sonlarından itibaren rastlanmaktadır (Djian-Caporalino ve ark., 2005; Sikora ve ark., 2005). Böcek tuzaklarındaki mantıkla, ilk tuzak bitki uygulamaları, nematodu kendine çeken hassas konukçuların kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu tip tuzak bitkiler sadece iyi birer konukçu olmaları sebebiyle, nematodu toplu olarak kendi dokularında hapsedme felsefesiyle çalışırken; bir diğer grup tuzak bitki ise, nematodu cezbederek girişinin gerçekleşebildiği ancak genellikle hayat döngüsünü tamamlayamadığı bitkilerdir (Gardner ve Caswell-Chen, 1994; Melakeberhan ve ark., 2008; Vestergard, 2019). Sadece hassas olduğu için, nematodu kendine çeken bitkilerin tuzak bitki olarak kullanıldığı durumlarda, uygun bir zamanda bu bitkilerin alandan uzaklaştırılması ya da imhaları gerekli iken; diğer grupta ise, nematod üremesi gerçekleşmediğinden buna gerek yoktur. Başka bir ifadeyle, bu tuzak bitkiler, nematodun köke girişine izin veren ancak genellikle ürettikleri toksik sekonder metabolitleri ile gerçekleştirilen savunma mekanizmalarıyla, bitkideki nematodun gelişmesi ve/veya üremesini önleyen bitkilerdir (Torto ve ark., 2018). Doğal olarak özellikle sadece hassas olup çok sayıda nematodu dokularına çekerek toplayan tuzak bitkiler, kök-ur ve kist nematodları gibi bitkide kalıcı endoparazit nematodların mücadelesinde başarılı bir şekilde kullanılabilir (Hancock, 1996; Halford ve ark., 1999; Timmermans, 2005; Xu ve ark., 2006; Haque ve ark., 2008; Dias ve ark., 2012; Vestergard, 2019; Scholte, 2000a;b;c; Westerdahl, 2020; Sacchi ve ark., 2021). Kök-ur nematodularının kalıcı endoparazit türler olarak, yumurta açılımlarını takiben ikinci dönem larvaların hassas konukçuya giriş yapıp, ilerleyen diğer dönemlerde de beslenmeyen ergin erkekler hariç buldukları bitkiyi terk etmemeleri, hassas tuzak bitkilerin kullanım ve başarı şansını artırmaktadır. Hassas bitkilerin tuzak olarak kullanıldığı durumlarda; nematodun biyolojisini tamamlamasına izin vermeden, başka bir ifadeyle dişilerin yumurta vermesinden önce, hassas tuzak bitkiler yok edilirse yeni bulaşmalar ve dolayısıyla topraktaki nematod popülasyonu da azaltılmış olmaktadır (Shelton ve Badenes-Perez, 2006).

Nematolojik açıdan tuzak bitki uygulamaları, topraktaki nematod popülasyonunu baskılamak amacıyla uygulanabilecek bitki temelli stratejilerden biridir. Her ne kadar, nematodlar için köke girişlerini teşvik edip, gelişim ve üremelerini azaltan tuzak bitki sayısı sınırlı olsa da, nematodun konukçusu ile olan beslenme davranışı da dikkate alındığında, sadece köke girişlerin cezbedildiği hassas bitkilerin tuzaklama amacıyla kullanılabilir potansiyelde olması, bu uygulamaların bir mücadele stratejisi olarak kullanılabilir potansiyelini artırmaktadır (Vestergard, 2019). Özellikle, hassas tuzak bitkilerinin kısa süreli yetiştirildiği tuzaklama uygulamaları sonucunda, üretim yapılan toprakta nematod popülasyonunun etkili bir şekilde azaldığı ve kendinden sonra yetiştirilen bitkide, belirgin verim artışı sağlandığı bilinmektedir (Cuadra ve ark., 2000; Sacchi ve ark., 2021). Ayrıca, kimyasal kullanımının da azalmasına katkı sağlayan bu yaklaşımlar, hem ekonomik olarak daha karlı, hem de çevre ve insan sağlığı için güvenli ve sürdürülebilir bir üretimin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır.

Tuzaklama uygulaması kök-ur nematodlarıyla mücadele stratejisi olarak değerlendirildiğinde, *Tagetes* türlerinde olduğu gibi, nematodu çekerek gelişimini azaltan tuzak bitkiler (dead-end trap crop strategy) ve sadece hassas olduklarından kök-ur nematodunu köklerinde toplu halde hapseden (susceptible trap crop strategy) tuzak bitkilerin kullanıldığı görülmektedir (Vestergard, 2019). Böylece, kök-ur nematodları ile mücadelede tuzak bitkilerin kullanımının ele alındığı çalışmada, tuzak bitkilerin 2 farklı kullanımı olan hem nematodu cezbederek kendine çekerken gelişimini/üremesini azaltan tuzak özelliğine sahip bitkiler ile sadece hassas bitkilerin tuzaklama amacıyla kullanıldığı çalışmalar ve tuzaklama uygulamasının başarısını artıracak destekleyici stratejiler günümüze değin yapılan örneklerle derlenerek özetlenmiştir.

Tuzak Bitki Özelliğine Sahip Bitkiler

Kök-ur nematodlarıyla mücadele amacıyla kullanılan başlıca tuzak bitkiler, nematodun köke girişine izin veren ancak genellikle ürettikleri toksik sekonder metabolitleri ile gerçekleştirilen savunma mekanizmalarıyla, bitkideki nematodun gelişmesi ve/veya üremesini önleyen bitkilerdir (Torto ve ark., 2018). İngilizce “dead-end trap crop= çıkmaz sokak, çıkışı olmayan” olarak ifade edilen bu bitkiler, nematod ile bulaşık topraklarda, nematodun aktif olduğu sıcaklıklarda yetiştirildiklerinde, topraktaki nematod popülasyonunun azalmasını sağlamaktadır (Melakeberhan ve ark., 2006; Torto ve ark., 2018). Ayrıca, tuzak bitki özelliğine sahip olan pek çok bitki türü, yetiştiriciliği sırasında veya sonrasında toprağa karıştırıldığında salgıladıkları metabolitlerle nematodu baskılayarak tuzaklamanın etkinliğini de artırmaktadır (Tyler, 1938; Steiner, 1941; Daulton ve Curtis, 1963; Koen, 1966; Vestergard, 2019).

Tuzak bitki kavramının kök-ur nematodları ile mücadelede kullanımının ilk tipik örneği *Tagetes* spp.’nin kullanıldığı çalışmalardır (Priyanka ve ark., 2013). Ülkemizde ve dünyanın pek çok bölgesinde çoğunlukla süs bitkisi olarak yetiştirilen tek yıllık otsu bitki olan kadife çiçeğinin ana vatanı Arjantin, Meksika ve Arizona’dır. Compositae (Asteraceae) familyasının bir üyesi olan kadife çiçeğinin, 30 türü bilinmektedir. Bu türler içinden en bilinenleri ise *Tagetes patula* L., *Tagetes erecta* L. ve *Tagetes minuta* L.’dir. Nematoda antagonistik özelliği ile ilk kullanımı, 1940’lı yıllara kadar inmekte (Steiner, 1941) olup başta kök-ur olmak üzere bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanıldığı pek çok kayıt bulunmaktadır (Hooks ve ark., 2010). Tyler (1938), kadife çiçeğinin 29 çeşidinin kök-ur nematodu türlerine dayanıklı olduğunu bildirirken, Steiner (1941), kök-ur nematodu larvasının *Tagetes* bitkisinin köklerine giriş yapabildiğini fakat, çoğunun yumurta oluşturabilecek cinsel olgunluğa ulaşamadığını belirterek tuzak bitki potansiyelinde olduğuna işaret etmektedir. Daulton ve Curtis (1963) ise *T. erecta*, *T. patula* ve *T. minuta*’nın köklerine az sayıda *M. javanica*’nın giriş yapabildiğini, girenlerin ise ikinci dönem larva olarak kalarak gelişemediğini bildirmişlerdir. Aynı nematod türüne ait benzer sonuçlar Koen (1966) tarafından da tespit edilmiş olup; nematod inokulasyonundan 8 hafta sonra, *T. minuta*, *T. patula* köklerinde dişi ve yumurta paketlerinin saptandığı ancak *T. erecta*’da ise dişi ve yumurtaya rastlanmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, *Tagetes* köklerine giriş yapan ikinci dönem larva sayısındaki artışa bakarak; oldukça fazla sayıda ikinci dönem larvanın köklerce cezbedildiği ve böylece kök-ur nematodları için tuzak bitki olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır. *M. hapla* ile bulaştıran *T. patula* köklerinde yapılan histopatolojik

değerlendirmede, az sayıda ve daha küçük boyutlu dev hücrelerin görüldüğü ve nematodların çoğunlukla öldüğü bildirilmiştir. Bu türün *M. incognita*'ya karşı da benzer reaksiyon gösterdiği bilinmektedir. Bu bitki türünün 12 hafta sonunda seradaki *M. incognita* popülasyonunu %97 azalttığı tespit edilmiştir (Belcher ve Hussey, 1977; Rangaswamy ve ark., 1993). *Meloidogyne chitwoodi* Golden et al.,'nin ikinci dönem larvaları ile bulaştırılan *T. patula* (Single Gold çeşidi) ile hassas domatesin (MoneyMaker çeşidi) kökleri inokulasyondan 2 hafta sonra kıyaslandığında, her iki bitki türünde de köke giriş yapan ikinci dönem larva sayısının aynı olmasına rağmen; inokulasyondan 10 hafta sonra hassas domatesten farklı olarak *T. patula* köklerinde nematodun yumurta kümesinin tespit edilmediği ve nematodun gelişiminin engellendiği bildirilmiştir (Nježi ve ark., 2014). Kök-ur nematodlarının kontrolü amacıyla, pek çok sebze alanında bazı kadife çiçeği türlerinin rotasyon ve intercropping bitkisi olarak, ya da yeşil gübre olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır (Buena ve ark., 2008). Ayrıca, *Tagetes* türlerinin toprak mikroorganizma faaliyetleri üzerine olumsuz etkileri tespit de edilmemiştir. Ayrıca intercropping şeklinde kullanıldığında birlikte yetiştiricilik yapılan diğer bitkilere fitotoksik etkisi de yoktur. Birçok araştırmacı *Tagetes* türlerinin topraktaki kök-ur nematod popülasyonu ve köklerdeki ırlanma oranını azaltan etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir (Ploeg, 2002; Ball-Coelho ve ark., 2001; Buena ve ark., 2008). *Tagetes* türlerinin çalışıldığı araştırmaların ana konuları: *Tagetes* spp. köklerinden salgılanan allelokimyasallar (Marles ve ark., 1992), örtücü bitki olarak kullanım alternatifleri (Ploeg, 2002), bitkiden elde edilen ekstratların kullanıldığı uygulamalar (Hagag ve ark., 2016) ile kök-ur nematodunun konukçusu olmamasına dayandırılan tuzaklama uygulamalarıdır (Lopez-Perez ve ark., 2010).

Kadife çiçeğinin nematodlar üzerindeki etkisi, köklerden salgılanan nematisidal bileşikler, endofitik bakterilerin faaliyetinin artırılması ve nematodlara antogonistik etkisi olan organizmaların teşviki şeklinde açıklansa da; kök-ur nematodlarını baskılamadaki mekanizması bu gün bile net değildir. *Tagetes* türleri nematodlara genel olarak allelopatik etkidedirler; toprağa nematisidal bileşenler salgırlar, ancak bazı araştırmacılar bu etkinin sadece köke girişten sonra başladığını belirtmektedir (Hooks ve ark., 2010). Kök-ur nematodları genel olarak bazı türler dışında, *Tagetes* köklerine giriş yapabilirler (Wang ve ark., 2004), ancak kök dokusundaki, ikinci dönem larvanın gelişimi ve üremesi bozulur. *Tagetes* köklerinden salgılanan en önemli nematisidal bileşiklerin başında alpha-terthienyl gelmektedir. Alpha-terthienyl, sadece nematisidal özellikte olmayıp (Hethelyi ve ark., 1986; Soule, 1993) aynı zamanda bitkilerde hastalık ve zarar meydana getiren fungus, bakteri, böcek ve bazı virüsleri de olumsuz yönde etkilediğinden, (Gommers ve Bakker, 1988; Marles ve ark., 1992) üzerinde en fazla çalışılan bileşiklerdendir (Nivsarkar ve ark., 2001; Hamaguchi ve ark., 2019). *Tagetes*'in tüm etkilerini düzenleyen tek bioaktif madde şüphesiz α -terthienyl değildir ancak günümüzde en büyük potansiyele sahip olanıdır (Hooks ve ark., 2010). Bu bileşiğin, kök-ur nematodları dışındaki türlere etkileri olduğu da belirlenmiştir. Örneğin α -terthienyl %0.125 konsantrasyonunda, 24 saat sonra *Heterodera zaeae* Koshy, Swarup & Sethi türünde de % 100 ölüm meydana getirmiştir (Faizi ve ark., 2011). Alpha-terthienylin biyolojik aktivitesi UV ya da gün ışığı varlığında artmaktadır (Marles ve ark., 1992). Nematod köke giriş yapmışsa α -terthienyl, ışık yokluğunda kök peroksidazları tarafından aktive edilir (Gommers ve Bakker, 1988) ve bu nedenle α -terthienyl sadece bitki içinde iken etkili olduğu ve toprakta aktif olmadığı düşünülmektedir (Hooks ve ark., 2010). Ancak, son zamanlarda α -terthienyl aslında fotoaktivasyon olmaksızın, bitki yokluğunda da nematotoksik

olduğu bildirilmiştir (Hamaguchi ve ark., 2019; Sikder ve Vestergard, 2020). Ayrıca bu bileşen, bitki paraziti nematodun gelişimini engellerken; nematoda antagonistik flora veya faunayı destekleyen bir ortam oluşturmasıyla da nematod popülasyonunu baskılar (Sukul, 1992; Hooks ve ark., 2010). Alfatertienil kök-ur nematodları ve lezyon nematodları için toksik iken; aynı zamanda cezbedicidir. Böylece topraktaki ikinci dönem kök-ur nematodu larvaları, *Tagetes* kökleri etrafında toplanırlar ve *Tagetes* köklerine giren kök-ur nematodunun gelişimi engellenir. Tüm bu etkilerin sonucunda, *Tagetes* köklerinden elde edilen kök-ur nematodu ikinci dönem larva sayısı, domates kökünden elde edilene göre belirgin oranda azdır. *Tagetes* köklerinden salgılanan bu bileşenler, kök-ur nematodlarından bir kısmını öldürürken; canlı kalıp yaşayan ve kök içine girebilenler ise normal olarak gelişimlerini tamamlayamazlar, böylece yeni döl veremezler ve hassas domateste meydana getirilen başarılı parazitizm asla meydana gelemez. Çalışmalar, *Tagetes* köklerinden salgılanan bileşiklerin, nematodun ikinci dönem larvaları üzerindeki öldürücü ve gelişimi engelleyici etkilerinin zaman ve dozdan bağımsız olduğunu da göstermiştir (Wang ve ark., 2004). Örneğin domates ile aynı alanda yetiştirilen *T. patula* kök-ur nematodlarının üremesini azaltarak, domates köklerindeki gal oranını da düşürmüştür (Tringovska ve ark., 2015). *Tagetes* türlerinin nematod öldürücü etkilerinin yanında cezbedici özelliklerinin de olması, topraktaki ikinci dönem larvaları öldürse bile, tuzak bitki kavramının oluşturulduğu ilk bitki olarak *Tagetes*'i öne çıkarmıştır. El Allagui ve ark. (2007), yaptıkları çalışmalarda kadife çiçeğinin kök-ur nematodu türlerine karşı %82 ile %84 gibi yüksek nematisit etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada yapılan analizlerde bu bitki ekstraktının nematisit özelliğinin yüksek oranda flavonoid içeriğinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bir başka çalışmada da, *T. erecta* ve *T. patula* tohumlarından elde edilen ekstraktların *Heterodera schachtii* Schmidt, *M. hapla* ve *Pratylenchus penetrans* (Cobb)'a karşı belirgin bir şekilde etkili olduğu belirtilmiştir (Riga ve ark., 2005).

Ancak, *Tagetes* türlerinin kök-ur nematodları ile mücadelede yaygın olarak kullanılması hala bazı dezavantaj olarak değerlendirilebilecek sınırlamalara da sahiptir. Bu dezavantajlardan en önemlileri; *Tagetes* türlerinin Thrips ve kırmızı örümcekler gibi pek çok diğer önemli zararlıların konukçusu olmaları sebebiyle, ana üründe de bu zararlıların artışına sebep olmalarıdır. Ayrıca, *Tagetes* türlerinin kullanıldığı rotasyon uygulamaları, sonrasında ekilen ana ürünün verimini de düşürebilmektedir. Tüm bunlara ek olarak *Tagetes* türlerinin kök-ur nematodlarının mücadelesindeki etkinliği ve başarısı, kullanılan *Tagetes*'in türü, kök-ur nematodunun türü, topraktaki ikinci dönem larva popülasyon yoğunluğu ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Wang ve ark., 2004). Örneğin, Marahatta ve ark. (2012), *T. patula*'nın kök-ur nematodu türlerine karşı etkisinin değişken olduğunu bildirmiştir. Ploeg (2000), *Tagetes* uygulamalarının domates köklerinde urlanma ve 2. dönem larva popülasyonunda azalmaya neden olduğunu, fakat denemeye alınan tüm *Meloidogyne* türlerinin *T. signata* 'Tangerine Gem' çeşidinde ürediğini belirtmiştir. Yine bir tarla denemesinde *T. patula* (cv. Single gold) *M. chitwoodi*'nin üreme, penetrasyon ya da gelişimini etkilememiştir (Nježi ve ark., 2014). *Tagetes* türlerinin, değişik kök-ur nematodu türlerine konukçuluk seviyeleri de değişmektedir. Örneğin *T. erecta* (Alaska ve Crackerjack varyeteleri), *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica*'ya dayanıklı (Rickard ve DuPree, 1978; Ploeg ve Maris, 1999); *T. patula* (Bolera varyetesi), *M. incognita* ve *M. arenaria*'ya orta seviyede konukçu ancak *M. javanica*'ya dayanıklı iken (Rickard ve Du Pree, 1978); *T. minuta* ise *M. incognita* ve *M. javanica*'ya

dayanıklı ancak *M. arenaria*'ya ise hassastır (Belcher ve Hussey, 1977; Mottsinger ve ark., 1977). Tüm türler içinde Fransız varyetesi olarak bilinen *T. patula*'nın pek çok varyetesi, neredeyse tüm kök-ur nematodu türlerine karşı dayanıklıdır (Belcher ve Hussey, 1977; Mottsinger ve ark., 1977; Evenhuis ve ark., 2004; Pudasaini ve ark., 2006). Ancak kök-ur nematoduna dayanıklı olduğu bilinen çeşitlerin yetiştiriciliğini, genetik kaynaklarını bozmadan gerçekleştirmek genellikle zordur (Castagnone-Sereno, 2002a; Buena ve ark., 2008). Bu nedenlerle, *Tagetes*'in nematodlar üzerindeki olumsuz etkileri, tarla koşullarındaki bazı araştırmalarda elde edilememiştir (Hooks ve ark., 2010). İklimsel veriler dikkate alınarak, kök-ur nematodunun mevcut türü ve topraktaki populasyon yoğunluğu bilinmeli ve *Tagetes* türünün seçimi tüm bu bilgiler ışığında yapılmalıdır (Sacchi ve ark., 2021). Ayrıca, Thienyl'in aktivitesinin ilginç bir şekilde ultraviyole ışınları etkisinde arttığı, çok sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Bakker ve ark., 1979; Vasudevan ve ark., 1997). Bu bağlamda, *Tagetes* türlerinin bulaşık alanlarda yetiştirilmesi ile elde edilecek etkinin, ekstratlarının toprağa uygulanmasından elde edilecek etkiden fazla olacağı unutulmamalıdır. Bu etkide en önemli rolü, bitkinin köklerinden salgılanan sekonder metabolitlerinden allelopatik etkideki bir Pirolozidin alkaloid olan Alfatertienil oynamaktadır. Pyrrolizidine alkaloidler, pek çok Asteraceae, Boraginaceae, Fabaceae, Convolvulaceae, Orchidaceae ve Apocynaceae familyası bitkilerinin nematisidal özellikteki sekonder metabolitlerindedir (Trigo, 2011). *Tagetes* türlerinin de içinde bulunduğu Asteraceae familyasındaki bitkilerin tuzaklama potansiyelleri değerlendirilebilirken; bitkilerden salgılanan allelopatik etkilerdeki bileşenler de önem kazanmıştır. Bu etkiye en güzel örnek; hassas domates yetiştirilen kök-ur nematodu ile bulaşık alanlarda, intercropping şeklinde krizantem (*Chrysanthemum coronarium* L.) yetiştirilmesi ile nematodun domatese bulaşmasının azalmasıdır. Bu azalışın sebebi; krizantem köklerinin toprağa salgıladığı laurik asidin, ikinci dönem larvaların chemotaxis davranışını değiştirmesidir (Bais ve ark., 2006). Ayrıca yine bu bitkinin saksı denemelerinde 2, 4, 8 ve 16 µL/mL konsantrasyonlarındaki uygulamaları sonucunda, *Meloidogyne artiellia* Franklin türünün yumurta açılımı, ikinci dönem larvaların canlı kalma ve üreme oranı belirgin seviyede azalmıştır (Oka, 2001). Örneğin *M. hapla*, Pyrrolizidine alkaloidleri içeren bitki köklerine penetrasyon yapmaz ya da giriş yapsalar dahi üremeleri hassas bitkilere kıyasla belirgin seviyede azalır (Thoden ve ark., 2009; Boppré ve Thoden, 2010). Örn., Asteraceae familyasındaki *Ageratum houstonianum* Mill. ve *Senecio bicolor* (Willd.) Tod., *M. hapla*'nın üremesini tamamen durdurduğundan, bu bitkiler tam anlamıyla çıkmaz sokak ya da başka bir ifadeyle tuzak bitki olarak değerlendirilirler. Ayrıca bu iki bitkinin nematisidal etkileri, kesilip toprağa karıştırıldığında da devam etmektedir. Bu etkiler saksı denemeleriyle ortaya konulmuş olup, mutlaka tarla ve açık alan denemeleriyle de desteklenmelidir.

Sekonder bileşiklerden olan PA içeren bitkilerin, herbivorlara karşı beslenmeyi engelleyici olması nedeniyle, nematod ile mücadelede kullanılabilme potansiyeline sahip olabileceği bilinmektedir (Stewart ve Steenkamp, 2001; Narberhaus ve ark., 2005; Thoden ve ark., 2009). Bu amaçla, *M. hapla* ile bulaşık saksı topraklarında 70 gün yetiştirilen bitkilerin konukçuluk durumları değerlendirildiğinde, PA içeren *A. houstonianum* ve *S. bicolor* bitkilerinde nematod üremesi gerçekleşmemiştir. Köklerinde ırlanma olmasına rağmen, yumurta tespit edilmeyen bu bitkilerde, nematod gelişimini tamamlayamamıştır. Ayrıca deneme sonunda toprakta belirlenen larva sayısı, kontrol uygulamasından 1000 kat daha azdır (Thoden ve ark., 2009). Ancak, PA içeren bitkilerin *M.*

hapla mücadelesinde kullanımında bitkinin türünden mutlaka emin olunmalıdır. Burada sadece bitkinin türünün değil, aynı tür bitkiler içindeki varyetelerin bile dayanıklılık açısından farklı reaksiyonlara sahip olabileceği de unutulmamalıdır (Wang ve ark., 2004; Edwards ve Ploeg, 2014). Çünkü seçilen tuzak bitkilerinin, kök-ur nematodunun üremesine izin vermediğinden emin olunmalıdır (Buena ve ark., 2008).

Kök-ur nematodlarına karşı koruyucu özellikte salgılar üreten ve toprağa veren en bilinen Asteraceae grubunu, Brassicaceae türleri izlemektedir. Yüksek nematidal veya nematod önleyici bileşikler içeren bu bitkilerin, bir sanitasyon stratejisi olarak ekim sistemlerine dahil edilmesi, araştırmacıların büyük ölçüde ilgisini çekmiştir ve pratikte de uygulanmaktadır. Tuzak bitki özelliğine sahip Brassicaceae türlerinden en fazla çalışılan 3 tür ise aynı zamanda örtücü bitki ve/veya biyofumigant özellikleri de bilinen *Brassica juncea* L., roka (*Eruca sativa* L.) ve turp (*Raphanus sativus* L.)'tur (Curto ve ark., 2005). Tüm bu özellikleri sebebiyle bu bitkiler, nematodlar ile mücadelede Metil Bromid alternatifi çalışmalarında yoğun olarak denenmiştir (Hafez ve Sundararaj, 2001; Lauzier, 2002; Tsao ve ark., 2002). Ancak, değişik Brassicaceae varyetelerinde nematodun girişi ve bitki içinde biyolojisinin tamamlanabildiği de saptanmış olduğundan, bu bitkileri tuzak bitki olarak kullanımından önce, konukçuluk durumunun net bir biçimde ortaya konulması gereklidir. Buradaki anahtar kelime nematodun biyolojisinin tamamlanıp tamamlanmadığıdır. Roka bitkisi bu duruma iyi bir örnektir. Pek çok Brassicaceae gibi rokanın da parçalanma ürünlerinden biri Glukosinolatlardan olan isothiocyanatlardır (Curto ve ark., 2005). Melakeberhan ve ark. (2006), roka bitkisinin *M. hapla* gelişim ve üremesini baskılayarak köklerde çok az oranda dişi bireye rastlandığından tuzak bitki potansiyelinin yüksek olduğunu; aynı şekilde Curto ve ark. (2005)'da roka bitkisinin aynı özelliklerinin *M. incognita* türü için de geçerli olduğunu bildirmiştir. Kök-ur nematodlarına karşı mücadele çoğunlukla biyofumigasyon amacıyla kullanılan Brassicaceae bitkilerinin kök-ur nematodu türlerine karşı konukçuluk reaksiyonu hassastan dayanıklıya kadar değişen seviyelerdedir (Edwards ve Ploeg, 2014; Aydınli ve Mennan, 2016). Bu familyada nematoda dayanıklı olarak tespit edilen bitkilerden bazıları, tuzak bitki olarak değerlendirilebilme potansiyelinde olup, biyofumigasyon çalışmalarının etkinliğini de artırmaktadır (Curto ve ark., 2005; Melakeberhan ve ark., 2006; Aydınli ve Mennan, 2016). Örneğin, Roka'nın Nemat çeşidi *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* ve *M. javanica* için tuzak bitki potansiyelindedir (Curto ve ark., 2005; Curto ve ark., 2006; Melakeberhan ve ark., 2006; Edwards ve Ploeg, 2014). Aynı familyadaki bazı turp çeşitlerinin (Carwoodi) de *M. incognita* ırk 3, *M. arenaria* ırk 1 ve *M. javanica*'nın üremelerini desteklemediği bildirilmiştir. Örneğin; turbun Carwoodi çeşidinde *M. incognita* inokulasyonundan 28 gün sonra, genç dişi sayısı 3 ve ergin dişi sayısı 1.8 olarak belirlenmiş ve nematodun üremesinin belirgin seviyede azaldığı vurgulanmıştır (Hamidi ve Hajihassani, 2020). Roka ve turp bitkilerinin değerlendirildiği seradaki bir saksı çalışmasında ise *M. hapla* ile inokule edilen rokanın Nemat çeşidinde gal indeksi belirgin seviyede azalmıştır (Edwards ve Ploeg, 2014). Bu bitki türleri, entegre mücadele programında topraktaki kök-ur nematodu popülasyonu ve fumigant nematisitlerin kullanımını azaltmak amacıyla "tuzak" veya "biyo-fümigant" potansiyelleri için yetiştirilebilirler. Ancak buradaki önemli husus, kök-ur nematodlarına olan konukçuluk seviyelerinin bilinmesi olup; bitkilerin farklı kök-ur nematodu türlerine konukçuluk seviyeleri üzerinde yoğun olarak çalışılmıştır (Tateishi ve ark., 2011; Teklu ve ark., 2014; De Brida ve ark., 2017; Uesugi ve ark., 2018; Waisen ve ark., 2019) ve bazı genotiplerin konukçu olmadıkları da belirlenmiştir. Bu çalışmaların

sonuçları; incelenen bitki çeşidine ve kök-ur nematodu türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Steddom ve ark., 2008; Tateishi ve ark., 2008; Waisen ve ark., 2019). Genel olarak turp, *M. incognita* türü için zayıf konukçu iken (Waisen ve ark., 2019) turp ve roka *M. arenaria* gelişim ve üremesini baskıladığından sebze üretim alanlarında ürün artışına da sebep olmaktadır (Aydınlı ve Mennan, 2018).

Tuzak bitkilerinin mücadele amacıyla kullanıldığı stratejilerdeki ön koşul, topraktaki ikinci dönem larvaların büyük bir kısmının köklere ulaşarak giriş yapmasıdır. Örneğin turp bitkisi (*R. sativus* cv. Diakon) ile yapılan bir çalışmada, erken hasadının topraktaki *M. hapla* ve *M. incognita* ikinci dönem larva populasyonlarını %50 oranında azalttığı (Edwards ve Ploeg, 2014) ve kendisini takip eden domateste ürün artışına neden olduğu bildirilmiştir (Cuadra ve ark., 2000). Çalışma sonuçları tam bir uyum içinde olmasa da hem roka hem de turp bitkisinin farklı çeşitlerinin tuzak bitki potansiyelleri yüksektir. Ancak özellikle *R. sativus* çeşitlerinin, konukçuluk seviyelerinin değişebildiği; bazılarının örneğin *M. hapla* için konukçu olmadıkları da unutulmamalıdır (Edwards ve Ploeg, 2014). Böylece, turp ve roka bitkilerinin kök-ur nematodları ile bulaşık alanlarda entegre mücadele içinde kullanımı yüksek potansiyeldedir. Ancak, ekim sistemine dahil edilmesi durumunda *R. sativus*'un topraktaki *P. penetrans* populasyonunu artırdığı da (Grabau ve ark., 2017) bilindiğinden, bu nematodun bulunduğu ekim alanlarında dikkatli olunmalıdır.

Fabaceae familyasında yer alan ve nematod baskılayıcı özelliğe sahip toksik bileşikler ürettikleri bilinen krotalarya (*Crotalaria* spp.)'nın bazı türleri de kök-ur nematodlarına tuzak bitki özelliğindedir (Araya ve Caswell-Chen, 1994). Krotalarya ile yapılan tuzak bitki denemelerinin çoğu, bitkinin iyi bir adaptasyon gösterdiği tropikal veya subtropikal bölgelerde gerçekleştirilmiştir. Bir sera denemesinde, *Crotalaria spectabilis* Roth'in *M. hapla*'nın üremesine izin verdiği (Good ve ark., 1965) ancak Güney Afrika'da yapılan bir başka denemede ise *M. hapla*'nın köke girişine izin verdiği ama üremesine izin vermediği belirlenmiştir (Van der Linde, 1956). Sera koşullarındaki saksı denemelerinde *M. incognita*'ya tuzak olarak değerlendirilen *Crotalaria juncea* L.'nin, Brassicaceae familyasından tuzak bitki potansiyeli bilinen roka (Nemat) ve turp (Comet ve Karakter) ile kıyaslandığında, bu bitkilere benzer seviyede tuzaklama yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, *M. incognita*'nın, *C. juncea* köklerindeki gelişimi Brassicaceae familyasındaki bitkilere kıyasla daha yavaş olduğundan; bu bitki daha uzun bir yetiştirme periyoduna sahip olabilecek ve topraktaki nematod yoğunluğunun sürekli olarak azaltılmasına katkıda bulunabilecektir. Bu bitki türünün tarla denemesinde de, topraktaki *M. incognita* populasyonunu yaklaşık %82 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Curto ve ark., 2015). Baklagil bitkileri ve aynı zamanda tuzak bitki özelliği gösterme potansiyeli olan bazı yeşil gübre bitkilerinin *M. javanica*'ya konukçuluk durumunu belirlemek için serada yapılan saksı çalışmasında *Canavalia ensiformis* L. ve *C. juncea*'nın ur skalası benzer ve yumurta kümesi oluşumu aynı olup bu bitkilerin tuzak bitki potansiyellerinin olduğu görülmektedir. Yalnızca dikkat edilmesi gereken nokta nematodların hayat döngülerini tamamlamasına izin vermeden sökülmeleri gerektiğidir (Kimenju ve ark., 2007).

Tuzak bitki potansiyelinin araştırıldığı bir diğer bitki olan *Macrotyloma axillare* (E. Mey.) Verdc ise Leguminosae (Fabaceae) familyasındaki çok yıllık bir bitki olup, güney yarım kürede bulunmaktadır. Beş farklı Leguminosae bitkisinde *M. javanica*'nın giriş ve üremesi üzerine çalışan Miamoto ve ark. (2016), tüm bitkilere giriş meydana gelmesine rağmen; üreme faktörü değerinin tüm bitkilerde 1'den az olduğunu belirterek, test

edilen bitki türlerinde nematodun yaşam döngüsünü tamamlayamadığı sonucuna varmıştır. Bu çalışmanın devamında, *M. javanica*'nın *M. axillare*'deki üreme faktörü düşük ve gram kök başına penetrasyonu ise yüksek olarak tespit edildiğinden; bitkinin tuzak bitki potansiyelinde olduğu bildirilmiştir. Sera ve laboratuvarlarda yürütülen çalışmada, *M. axillare* köklerinde *M. javanica*'nın üçüncü ve dördüncü larva dönemlerindeki gelişimlerinin çok uzadığı, köklerde ergin dişiye rastlanmadığı ve tuzak bitki potansiyeli gösterdiği bildirilmiştir (Miamoto ve ark., 2020).

Kök-ur nematodlarına tuzak bitki potansiyeli değerlendirilen Fabaceae familyasındaki diğer bir bitki ise *Sesbania* spp.'dir. Değişik *Sesbania* türlerinin, kök-ur nematodlarının farklı türlerine karşı konukçuluk seviyeleri ile ilgili değişken kayıtlar bulunsa da; pek çok türünün dayanıklılık reaksiyonu gösterdiği bilinmektedir (Hasan ve Jain, 1985). *Meloidogyne graminicola* Golden and Birchfield ile bulaşık saksı topraklarında 40 gün yetiştirilen *Sesbania aculeata* L.'nin köklerinde az sayıda ur oluştuğundan zayıf konukçu kategorisine konulsa da ur oluşumu/ yumurta kümesi oranına bakıldığında tuzak bitki potansiyelinde olduğu saptanmıştır. Bitkinin toprağa karıştırılma zamanının, nematodun hayat döngüsünü tamamlamasına izin vermeyecek şekilde ayarlandığında; *M. graminicola*'nın mücadelesinde tuzaklama potansiyeli gösterebileceği ortaya konulmuştur (Dabur ve ark., 2004).

Apocynaceae familyasında yer alan ve örtücü çok yıllık bitki olarak peyzaj amacıyla kullanılan yeşil pervane çiçeği (*Catharanthus roseus* G. Don.)'nin pembe ve beyaz çiçekli iki çeşidinin de, tuzak bitki özellikleri bilinmektedir. Bitkinin, *M. incognita* ve *M. javanica*'nın karışık popülasyonuna karşı tuzak etkisinin değerlendirildiği saksı denemelerinde, her iki çeşidin köklerinde de kontrol olarak kullanılan bamyacı (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench'dan daha az ırlanma görülmüş ve ırlu köklerde nematodun sadece larva dönemleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu bitkilerin yetiştirildiği topraklara ekilen bamyacı bitkisinin köklerindeki ırlanmanın, beyaz çiçekli çeşitte %95 ve pembe çiçekli çeşitte ise %100 azalması, etkili bir nematod kontrolü sağladıklarını göstermiştir (Patel ve ark., 1991). Tuzak bitki özelliği ortaya konulan bu bitkinin, *M. incognita*'ya antagonistik etkiye sahip olduğu da bilinmektedir (Jagdale ve ark., 1985).

Kök-ur nematodlarına karşı başarılı bir tuzak bitki özelliğinde olduğu bilinen, Solanaceae familyasından diğer başarılı örnek ise *Solanum sisymbriifolium* Lam.'dur. Bu bitki, kök-ur nematodunun yumurta açılımını teşvik ederken, kök salgıları vasıtasıyla köke penetrasyon gerçekleşmediğinden; nematodlar canlılığını devam ettiremezler. *S. sisymbriifolium* Domino varyetesini kullanan Scholte (2000b) ve Sharp varyetesini kullanan Dias ve ark., (2012) *M. javanica*'ya karşı benzer sonuçlar elde etmiştir. Burada özellikle kök-ur nematodunun biyolojisinin tamamlamadan, bitkinin imha edilmesinin gerekliliği vurgulanarak; bitkinin kullanıldığı ekim nöbeti sistemleri ile entegre mücadelede başarılı sonuçlar alınacağı belirtilmiştir. Burada da yine anahtar kelimelerden biri *S. sisymbriifolium* varyetelerinin kök-ur nematodlarının değişik türlerine konukçuluk seviyelerinin bilinmesi gerekliliğidir. Çünkü değişik laboratuvar çalışmalarında, farklı sonuçlar elde edildiğine dair kayıtlar bulunmaktadır (Dias ve ark., 2012). Örneğin önceki çalışmalarda *M. hapla*'nın *S. sisymbriifolium*'da üreyemediği bildirilirken (Scholte ve Vos, 2000), bu durum netleştirilememiştir (Dias ve ark., 2012).

Kök-ur nematodlarının mücadelesinde tuzaklama çalışmalarında kullanılan bir diğer bitki gurubu ise Poaceae familyasındaki *Sorghum* türleridir. Bu genus içinden *Sorghum bicolor* L.ve *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. üzerinde en fazla çalışılmıştır. Sudan otunun SX-17 varyetesi, *M. incognita* (Irk 1 ve 3), *M. arenaria* (Irk 1), ve *M. javanica*'nın üremesine izin vermemektedir (McSorley ve Gallaher, 1991; McSorley ve ark., 1994a). Bu bitkilerin köklerinde, listelenen türlerin yumurtalarına rastlanmamıştır. Ayrıca saksı denemelerinde de, pek çok *Sorghum* çeşidinin *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback'nin de konukçusu olmadıkları da saptanmıştır (De Brida ve ark., 2017; De Brida ve ark., 2018). McSorley ve ark. (1994b), SX-17 varyetesinin, kök-ur nematodu ile bulaşık alanlarda çok uygun bir rotasyon bitkisi olarak, takip eden yazlık sebze üretiminde artışa neden olduğunu da belirtmiştir. *Sorghum* türlerinin kök-ur nematodları üzerindeki etki şekilleri genellikle örtücü bitki ya da yeşil gübreleme şeklinde değerlendirilse de; köklerinden toprağa verdikleri bileşenlerin nematoda toksik etkiler göstermesi, kök-ur nematodunun paraziti olan antagonistlerinin üzerinde ise olumlu ve arttırıcı etkilerinin olması ve nematodun üremesini desteklememeleri olarak özetlenebilir (Dutta ve ark., 2019). Ancak, *Sorghum* türleri pek çok diğer bitki paraziti nematodun popülasyonunu artırdığından; münavebe programlarına dahil edilmeden önce mutlaka topraktaki diğer önemli bitki paraziti nematod durumu ortaya konulmalıdır (Rhoades, 1980; Crow ve ark. (2001).

Tuzak bitkiler nematodun üremesine izin vermedikleri için aynı zamanda dayanıklı bitkiler olarak ifade edilebilir. Fakat her dayanıklı bitki, tuzak bitki olarak kullanılamaz. Bir dayanıklı bitkinin tuzak bitki olarak kullanılabilmesi için; nematodun köke girişine izin vermesi, ancak gelişimine ve üremesine izin vermemesi gerekir. Kök-ur nematodunun konukçusu olan bitki türlerinin dayanıklı gen taşıyan çeşitleri de bu şekilde bir parazit konukçu ilişkisi sergiliyor ve nematodun köke girişine izin verdiği halde üremesine izin vermiyorsa, tuzak bitki olarak güvenli bir şekilde kullanılabilir. Biberde kök-ur nematodu *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica*'ya dayanıklılık sağlayan Me1 ve Me3 genlerinin etki şekillerinin birbirinden farklı olduğu bilinmektedir (Djian-Caporalino ve ark., 2011). Me3 geni taşıyan biberde, ikinci dönem larvaların köke girişi ve beslenmeye başlaması ile erken dönemde hücrel nekroz görülürken, Me1 geni taşıyan biber, nematodun birkaç beslenme hücresi oluşturmasından sonra geç dönemde hipersensitif reaksiyona neden olarak yumurta bırakan dişilerin gelişimi engellenir (Hendy ve ark., 1985; Blevé-Zacheo ve ark., 1998). Yazlık hassas ve dayanıklı biber hatları ve ardından kışlık hassas marulun yetiştirildiği *M. incognita* ve *M. arenaria* ile bulaşık bir sera denemesinde, dayanıklı biber hattını takiben yetiştirilen marulun köklerindeki urlanma önemli derecede azalmıştır. Özellikle iki geni bir arada taşıyan biber çeşidinin yetiştirildiği parsellerde 3 yıl boyunca biberin tuzak bitki etkisi gösterdiği ve takip eden domatesteki bulaşma oranının başlangıçtakine oranla %97,4 azaldığı tespit edilmiştir (Djian-Caporalino ve ark., 2014). Güney Fransa'da iki farklı serada 4 yıllık bir periyotta, nematoda dayanıklı Me geni taşıyan biber çeşitleri tuzak bitki olarak kullanıldığında, topraktaki kök-ur nematodu (*M. incognita*) popülasyonunu ilk yıl %99, ertesi yıl ise %80 azalmıştır (Navarrete ve ark., 2016). Benzer şekilde, yulaf dahil tahıl gurubundaki örtücü bitkiler, uygun bir ekim programında kullanıldığında, kök-ur nematodlarına konukçu olmadıkları ya da zayıf konukçular oldukları için; topraktaki nematod ikinci dönem larva popülasyonunun da azalmasına neden olurlar (Wang ve ark., 2004).

Tuzaklama Amacıyla Hassas Bitkilerin Kullanımı

Tuzaklama amacıyla hassas bitkilerin kullanıldığı uygulamalar, kök-ur nematodunun biyolojisi ve beslenme davranışına dayanarak gerçekleştirilen bir mücadele yöntemi olup, nematodun biyolojisinin detaylı olarak bilinmesi, bu uygulamanın başarısı için de şarttır (Vestergard, 2019).

Toprakta yumurta veya ikinci dönem larva olarak bulunan kök-ur nematodlarının yaşamına devam edebilmesi için beslenecek bir konukçu bitkiye ihtiyaçları vardır. Ekonomik öneme sahip pek çok kök-ur nematod türü parthenogenetik üreyerek, döllenmiş yumurtalarını, köklerdeki gallerin yüzeyine ve rektal bezlerinden salgıladığı glikoprotein yapısındaki jelatinimsi matrix olarak bilinen guruplar halinde bırakılırlar (Moens ve ark., 2009; Perry ve ark., 2009). Bir dişi çevre, nematodun türü ve konukçu bitkiye bağlı olarak, genellikle 500'den 1500'e kadar değişen sayıda yumurta bırakılabilir (Gine ve ark., 2021). Yumurta açılımını çevresel faktörler regüle ederken; bu faktörler içinde en önemlisi toprak sıcaklığıdır. Örneğin 10 °C altındaki topraklarda *M. hapla* yumurta açılımı neredeyse yok denecek kadar azdır (Inserra ve ark., 1983). Ayrıca toprağın hava ve nem miktarı da yumurta açılım oranını etkilemektedir (Curtis ve ark., 2009). Kök-ur nematodlarında yumurta açılımı için, kök salgılarının etkileri sınırlı seviyede olsa da (Inserra ve ark., 1983); bazı bitkilerin kök salgılarının nematodun yumurta açılımını teşvik ettiği de bilinmektedir (Curtis ve ark., 2009; Bell ve ark., 2019). Farklı bitki türlerinin kök salgılarının topraktaki kök-ur nematodlarına cezbedici ya da uzaklaştırıcı etkilerinin olması (Sikder ve Vestergard, 2020), bu özelliklerinin mücadelede kullanımına imkan vermiştir. Yumurta içerisinde birinci larva dönemini geçirdikten sonra ikinci dönem larva olarak çıkış yapan kök-ur nematodu, konukçu bitkinin kök ucuna doğru hareket eder ve genellikle kök ucuna yakın bir yerden bitkiye girer; böylece "parazitik ilişki" başlamış olur. Kök içinde hücreler arasında hareket ederek, vasküler parankima hücrelerine ulaşan ikinci dönem larvalar, filoemden beslenmeye başlar, uygun bir yere kendini sabitleyerek, baş kısmının etrafındaki birkaç hücrenin "dev hücre" olarak adlandırılan farklılaşmış bitki hücrelerine dönüşmesine neden olur. Her biri çok sayıda hücre çekirdeğine sahip olarak morfolojik ve metabolik değişikliğe uğramış bol miktarda amino ve yağ asitleri içeren bu hücreler, bir yandan da nematodun gelişmesi için gerekli olan besin ihtiyacını sağlayacak beslenme alanlarıdır (Abad ve ark., 2003). Kalıcı endoparazit olarak sadece bu hücrelerde beslenen ikinci dönem larvalar, beslenme ilerledikçe morfolojik olarak değişikliğe uğrayarak "sisis" şeklini alırlar (Caillaud ve ark., 2008; Jones ve ark., 2013). Aynı beslenme alanında, üç gömlek değiştirerek ergin erkek veya dişi olurlar. Ergin erkek, dişiyi döyledikten sonra beslenmeden kökü terk ederken, hareketsiz dişi ise bitki dokusunda kalarak, beslenmesine devam eder ve armut şeklini alır. Poikiloterm canlılar olan kök-ur nematodlarının hayat döngüsünün uzunluğu, sıcaklığa ve beslendiği konukçu bitkiye bağlı olarak değişiklik gösterse de (Trudgill ve ark., 2005; Gine ve ark., 2021); hayat döngülerinin tamamlanması için genellikle 450-550 gün derecelik bir termal konstanta ihtiyaç duyarlar (Lahtinen ve ark., 1988; Mercer, 1990). Sebzelerde yaygın olarak görülen kök-ur nematodu türlerinin pek çoğunun gelişimi için optimum sıcaklık değerleri 28-30°C olup, 10°C altında veya 35°C üzerinde, nematod aktivitesi çok azalmakta veya durmaktadır (Gine ve ark., 2021). Ayrıca, her bir kök-ur nematodu türünün beslenip üreyebildiği ve tam tersi beslenemeyip üreyemediği belli bitkiler vardır. Bitki türleri içinde, nematodun üremesinin gerçekleşebilmesi, sadece uygun konukçularda

gerçekleşir. Bu bitkiler aynı zamanda “hassas” olarak da bilinir. Hassas bitki, nematodun köke girişine ve köke girdikten sonra üremesine izin veren bitkidir. Nematodun konukçusu olan hassas bitkiler, kök-ur nematodu ile bulaşık bir alanda yetiştirildiğinde; topraktaki ikinci dönem larvalar bu bitkilerin köklerine giriş yaparak beslenmeye başlarlar. Kök-ur nematodlarının köklerde kalıcı endoparazit olarak beslenmesi, hassas bitkilerin tuzak olarak kullanılabilmesi olanağını sağlamaktadır. Hassas bitkilerin tuzak olarak kullanılabilmesi için, nematodun bitki köküne girerek beslenmesi ancak yumurta bırakmaya başlamamış olması gereklidir (Cuadra ve ark., 2000; Ornat ve ark., 2001; Ornat ve Sorribas, 2008; Youssef ve El-Nagdi, 2016; Waisen ve ark., 2019). Bu tuzaklama stratejisinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, hassas bitkilerin sökülme zamanıdır. Bunun için nematodun, hassas bitkiye girdikten kaç gün sonra yumurta bırakabilecek ergin dişi dönemine ulaşabileceğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu süreyi etkileyen başlıca faktörler; konukçu bitki, sıcaklık ve nematodun türüdür (Trudgill ve ark., 2005; Tzortzakakis ve Trudgill, 2005; Strajnar ve ark., 2011; Maleita ve ark., 2012). Örneğin, kahverengi hardal ve turp, *M. incognita* türünün hassas konukçuları olup, yumurta bırakan dişi dönemine ulaşabilmesi için 283 gün-derece gereklidir. Bu süre domateste ise sadece 266 gün-derecedir (Waisen ve ark., 2019). *Meloidogyne incognita* ve *M. javanica* ile bulaşık alanda turpun Sodbuster çeşidi ile yapılan 35 günlük tuzaklamada, topraktaki kök-ur nematodu yoğunluğu, uygulama yapılmayan kontrole göre % 46 azalırken, 42 günlük tuzaklamada hiç azalma olmamıştır. Buna karşın, kahverengi hardalın (*B. juncea*) Caliente 199 çeşidi ile yapılan tuzaklama denemesinde, topraktaki kök-ur nematodu 42 günlük tuzaklamada %50 ve 49 günlük tuzaklamada ise %70 azalmıştır (Waisen ve ark., 2019).

Hassas bitkiler, tuzaklama amacıyla kullanıldığında; yetiştiricilikleri mutlaka nematodun aktif olduğu dönemde olmalıdır. Özellikle, nematodun aktif olduğu sıcaklık değerlerine sahip sonbahar döneminde yetiştiriciliğe başlandıktan sonra sıcaklıkların giderek azalması, köke giriş yapan nematodun kökteki gelişimini yavaşlatarak; tuzaklama süresini ve etkinliğini değiştirecektir. İspanya’da mart-temmuz döneminde serada yetiştirilen domates bitkisinden sonra eylül, ekim ve kasım aylarında olmak üzere 3 farklı dönemde ekilen hassas marul bitkisinin, *M. javanica*’ya karşı tuzak etkisi değerlendirildiğinde, eylül ve ekim aylarındaki sıcaklığın köklere nematod girişine izin verecek seviyede olduğu, fakat kasımda ekilen marul köklerinde nematod girişinin olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, eylül ayında ekilen marulun köklerinde az da olsa nematodun ürettiği ancak ekim ve kasım aylarında ekilenlerin köklerinde ise üreyemediği saptanmıştır (Ornat ve ark., 2001). Sıcaklığın yetiştiricilik süresince giderek azalması ile birlikte köke giriş yapan nematodun gelişiminin yavaşladığı ve hasada kadar nematodun gelişimini tamamlayıp yumurta oluşturamadığı, ekim ayında dikilen marulun topraktaki nematod popülasyonunu %50, kasımda dikilenlerin ise %20 azaltarak farklı oranlarda tuzak etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Ornat ve Sorribas, 2008). Domates, hıyar (*Cucumis sativus* L.) veya bezelye (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. gibi hassas bir bitki dikmeden önce topraktaki nematodları ortadan kaldırmak için marul, turp, Çin lahanası (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*/*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis*) gibi kısa yetiştirilme süresine sahip bitkiler kullanıldığında, 3-5 aylık yetiştiricilik süresi sonunda, topraktaki nematod popülasyonu %50 azalmıştır (Cuadra ve ark., 2000).

Hassas reaksiyonu kullanılarak tuzaklama etkinliği denenilen bitkilerin başında fasulye ve marul gelmektedir. Fasulye’nin Polder çeşidinin *Meloidogyne fallax* Karssen, *M. chitwoodi*, *M. hapla*’ya karşı reaksiyonları

araştırılmış ve bulaştırmalardan 8 hafta sonra yumurtası tespit edilen *M. hapla* için hassas iken yumurtaya rastlanmayan türler olan *M. chitwoodi* ve *M. fallax* için ise dayanıklı olduğu bildirilmiştir. Ancak deneme süresi 8 haftadan 10 haftaya çıkarıldığında, bu 2 tür de yumurta oluşturabilmiştir. Böylece, Fasulyenin Polder çeşidinin, bulaşık topraklarda hem ana ürün hem de tuzak bitki olarak kullanılabilme potansiyelinde olduğu bildirilmiştir (Wesemael ve Moens, 2012).

Tuzaklama denemelerinde kullanılan bir başka hassas bitki de şekerpancarı (*Beta vulgaris* L.) olup, yazlık hassas bitkilerin ekiminden önce yetiştirilebilmesi avantaj sağlamaktadır. *M. incognita* ile bulaştırılan şeker pancarının Gazelle çeşidi belirli günlerde (6., 12., 18., 24., 30., 36. günde) ya sökülerek ya da toprak yüzeyinden kesilerek ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra, aynı saksılara hassas fasulye ekilmiştir. Fasulye köklerindeki yumurta kümesi sayısı, tuzaklama yapılmayan topraklarda yetiştirilenlere kıyasla %58'den %94'e kadar değişen seviyelerde azalmıştır. Ayrıca, tuzak bitkiden sonra yetiştirilen fasulyedeki nematod zararı ve üremesi dikkate alındığında, şeker pancarının topraktan tamamen köklenerek uzaklaştırılmasının, toprak yüzeyinden kesilmesi işleminden daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Youssef ve El-Nagdi, 2016).

Tuzak bitki olarak kök-ur nematodlarına karşı etkinliği araştırılan bir başka hassas bitki ise *Amaranthus* türleridir. Amaranthaceae familyasında tek yıllık bir bitki *Amaranthus cruentus* L. arazi çalışmasında ara tuzak bitki olarak kullanıldığında, tuzak bitki kaldırıldıktan sonra yetiştirilen soya fasulyesi kökünde *M. javanica*'nın ırlanma oranı %13, topraktaki ikinci dönem larva sayısı ise %29 azalmıştır (Agu, 2008). *M. incognita*'nın iki farklı popülasyonu ile inokule edilen 10 *Amaranthus* genotipinden IgAtR-60 en hassas genotip olarak belirlenmiş olup, bu genotip nematodla bulaşık topraklarda hassas bitkilerin aralarına dikildiğinde de, çok sayıda nematodun köke girişine izin vererek, ana ürünü nematodun zararından koruyabilmiştir (Vaingankar ve ark., 2018). Başka bir çalışmada ise ana ürün olarak yetiştirilen bamyanın Ankur-40 çeşidi, *Amaranthus viridis* L. CO-1 ile birlikte yetiştirildiği tuzaklama denemelerinde, sadece bamya yetiştirilen alanlardaki köklere kıyasla; ırlanmanın %99, nematod popülasyonunun ise %93 azaldığı belirlenmiştir. Böylece, *Amaranthus* sp.'nin kök-ur nematodunun ikinci dönem larvalarının ana ürünün köküne girişine engel olarak, bitkileri bulaşmalardan koruma potansiyeli ile oldukça etkili bir hassas tuzak bitki olduğu bildirilmiştir (Datta, 2006).

Hassas bitkilerin kullanıldığı tuzaklama metodunda başarı için, nematodun konukçu dizisi, biyolojisi, gelişimi ve üremesi ile yayılma ve dağılma yollarının da iyi bilinmesi çok önemlidir (Reddy, 2017). Pek çok konukçusunun bilindiği *M. graminicola* için *Oryza sativa* L. hem hassasiyeti hem de nematodu cezbetmesiyle ön sırayı aldığından, tuzak bitki olarak denemeye alınmada da ön sırayı almıştır (Ravindra ve ark., 2017). Bu bitkinin kullanıldığı tuzak bitki uygulamalarında, bitkinin imhasından önce, topraktaki ikinci dönem larvaları cezbetmesine ve köklerde beslenmeye başlamalarına yetecek, ancak üremesine imkan vermeyecek bir süre beklenmesinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Çalışmalarda, iklim verileri de dikkate alınarak, çeltik bitkilerinin 2 yapraklı oldukları, ekimden sonraki yaklaşık 16-17. günlerdeki imhalarının en uygun zaman olduğu saptanmıştır (Dabur ve ark., 2004; Narasimhamurthy ve ark., 2018). Dabur ve ark. (2004), çimlenen çeltik bitkisine topraktaki ikinci dönem larvaların girişinin ortalama 5. günden itibaren başlayıp, 12. güne kadar artarak devam ettiğini ve dişilerin ilk gözleendiği zamanın ise, 4 yapraklı dönemin sonu olduğunu saptamıştır. Denemelerde, çeltik bitkisinin yetiştirilip, uygun zamanda imhasıyla, takip eden ürünlerdeki boy uzunluğundaki

artış, kontrole göre ortalama % 12 olmuştur (Sacchi ve ark., 2021). Bu çalışmalarda, pirinç ve fasulyede başarılı sonuçlar alınmış olmakla birlikte; ekonomik önemi olmayan hayvan yemi gibi bitki türlerinin de bu amaçla kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Destekleyici Stratejiler

Tuzak bitki stratejisi, kök-ur nematodu ile bulaşıklık seviyesinin yüksek olduğu topraklarda, nematod yoğunluğunu azaltmada genellikle tek başına yeterli olamayacağından, entegre mücadele yönetimi içinde nadas, nematisitler ve dayanıklı çeşit seçimi ile kombinasyonlar şeklinde kullanılmalıdır. Kök-ur nematodu larvalarının yumurtadan çıkışı, sıcaklıkla ilişkili olsa da (Inserra ve ark., 1983), larvaların bir kısmı uzunca bir süre yumurta içerisinde korunabilmektedir (Curtis ve ark., 2009). Bu nedenle, tuzak bitki sonlandırılıp toprağa karıştırıldığında bile, yumurtaların bir kısmı canlılığını korumaya devam edebilir (Collange ve ark., 2011). Böylece, toprağa ekim öncesi nematisit uygulaması ya da dayanıklı çeşitlerin seçimiyle; hem tuzaklama tekniğinin hem de uygulanan diğer yöntemin de başarısı artacaktır.

Topraklarda sadece ana ürün değil de yabancı ot bulunmasına bile imkan verilmediğinden kara nadas, konukçusuz kalan kök-ur nematodu ikinci dönem larva popülasyonunu azaltır. Yapılan çalışmalar, kök-ur nematodlarının nadas sonunda hayatta kalma oranlarının, nadasa başlanan popülasyon büyüklüğü ile ters ilişkide olduğunu da göstermiştir. Böylece nadasa başlanan toprakta ne kadar az ikinci dönem varsa; bu larvalar o kadar fazla canlı kalabilmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu; nematodun popülasyon yoğunluğunun konukçu bitkinin yokluğundan daha fazla çevresel faktörlerden etkilenmesi şeklinde açıklamışlardır (Ornat ve ark., 1999). Bu itibarla nadas öncesinde değil de; nadası takip eden tuzak bitki kombinasyonları, topraktaki larva yoğunluğunu azaltmada daha başarılı olacaktır. *M. chitwoodi* ile bulaşık bir arazide kara nadas uygulamasının hemen ardından fasulye yetiştirilmiş ve nadas uygulaması ile topraktaki nematod popülasyonu başlangıç popülasyonuna göre %78 azalmış, ancak bir süre sonra artmaya başlamıştır. Hemen ardından fasulye yetiştirilip hasat edildikten sonra, topraktaki nematod popülasyonu nadasa göre %96 azalmıştır (Wesemael ve Moens, 2008). Bu çalışma, nadası takip eden tuzak bitki uygulamasının başarılı örneklerindedir.

Tuzak bitkilere kombine olarak kök-ur nematoduna konukçu olmayan ya da zayıf konukçu olan bir örtücü bitkinin yetiştirilmesi ayrıca yabancı ot çıkışını azalttığı ve hızlı büyümesi gibi başka avantajlarından dolayı da, iyi bir seçenektir (Waisen ve ark., 2019). Böylece öncelikle kök-ur nematodlarının konukçusu olmayan veya zayıf konukçu olan örneğin tahıl örtücü bitkilerinin yetiştirilmesiyle, topraktaki larva popülasyonu azalacak ve onu izleyen tuzak bitkinin de başarısı artacaktır (Wang ve ark., 2004). Bu amaçla, kök-ur nematoduna hassas Brassica bitkilerinin tuzak bitki olarak kullanılması durumunda, tuzak bitkilerin, nematodun üremesine müsaade etmedikleri belli bir zamanda sonlandırılması gerekir (Waisen ve ark., 2019).

Kök-ur nematodu ile mücadelede tuzak bitkinin yanında nematisit kullanımı da, tuzak bitkinin etkinliğini artırarak, nematod popülasyonunun daha etkili bir şekilde azalmasına neden olur. Tuzak bitki potansiyeline sahip *Sesbania sesban* (L.) Merr. bitkisi, *M. javanica* ile bulaşık bir araziye ekilmiş ve Fenamiphos etkili

maddeli ilaçla (150 kg ha⁻¹ Namacur, %5 fenamiphos) kombine edilmiştir. Yedi ay sonunda nematisit uygulaması yapılan parseldeki ikinci dönem larva popülasyonu, uygulama yapılmayan parselde göre yaklaşık %50 oranında azalmıştır (Desaeger ve Rao, 2001). Böylece hem tuzaklamanın hem de nematisit uygulamasının etkileri, kombine kullanıldıklarında belirgin seviyede artmıştır.

Ürün rotasyonu, bitki paraziti nematodları kontrol etmek için en önemli kültürel yöntemlerdendir. Rotasyonun temel amacı, birbiri ardına ekilen bitkilerle nematod popülasyonunu zarar eşığının altına çekmektir (Nusbaum ve Ferris, 1973). Kadife çiçeği hassasiyeti, kadife çiçeği türüne ve çeşidine ve de nematod türüne bağlı olarak değişse de; mayıs ayında fasulye yetiştirildikten hemen sonra ağustos ayında *T. patula*'nın Single gold çeşidi yetiştirildiğinde; *M. chitwoodi* popülasyonunda belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Böylece ekim sistemi içine dahil edilen tuzak bitkiler, kök-ur nematodu ile mücadelede etkin bir rol oynamıştır (Wesemael ve Moens, 2008).

Sonuç ve Öneriler

Kök-ur nematodları ile mücadelede kullanılan nematisitlerin olumsuz etkileri, alternatif mücadele yöntemleri üzerindeki çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Alternatif mücadele yöntemlerinden biri olan tuzak bitki uygulamaları ile çevre ve insan sağlığı açısından riskler oluşturan kimyasalların kullanımının azaltılması, verimde artışın sağlanması ve en önemlisi ise nematod popülasyonunun azaltılması hedeflenmektedir.

Her bitki tür ve çeşidi tuzak bitki uygulamasında kullanılabilme potansiyeline sahip değildir. Burada belli başlı iki tip kullanım mevcut olup, bir anlamda gerçek tuzaklama yaparak nematodu kendisine çeken ancak üremesini azaltan *Tagetes* gibi bitkilerin kullanımının yanında; sadece hassas konukçu olmasından kaynaklanan diğer bir ifadeyle “mass trapping” mantığının işletildiği bitkilerin kullanıldığı uygulamalar da mevcuttur. Böylece, bu tekniklerde kullanılacak bitkiler; ya nematodun köke girişine izin verdikten sonra gelişimini ve üremesini engelleyecek dayanıklı bitkiler (Daulton ve Curtis, 1963; Koen, 1966; Araya ve Caswell-Chen, 1994) ya da gelişimine izin vererek onları toplu halde imha etme şansını veren hassas bitkiler (Cuadra ve ark., 2000; Ornat ve ark., 2001; Ornat ve Sorribas, 2008; Waisen ve ark., 2019) olmalıdır. Ayrıca, tuzak bitki olan bitkinin konukçuluk seviyesi burada ne kadar önemliyse, allelopatik etkiler de o kadar önemlidir.

Bitkilerin fotosentez ürünlerinin %5-20 kadarı, kökleri aracılığıyla rizosfere salgılanır (Hütsch ve ark., 2002; Marschner, 2012). Tuzak bitkiler nematodu kök salgıları vasıtasıyla cezbederek, topraktaki nematod popülasyonunun azalmasına sebep olurken; nematodun biyolojisini tamamlayıp yumurta bırakmasından önce alandan uzaklaştırılmalı ya da imha edilmelidirler. Tuzak bitkilerin bu etkileri özellikle nematoda dayanıklı olmaları durumunda daha da artacaktır (Scholte, 2000a). Hassas bitkilerin tuzaklama amacıyla kullanıldığı uygulamalarda ise, nematodun yumurta açılımı teşvik edilerek, yumurtadan çıkan ikinci dönem larvalar köke giriş yapar, beslenme alanı oluşturarak ergin olurlar. Bitkiden ayrılamayacak ya da yeni bitkiye geçemeyecek ergin dişiler, aslında yeni toprak bulaşmalarını önleyerek, topraktaki nematod popülasyonunun düşmesine de neden olur (Sacchi ve ark., 2021). Özellikle, nematodun aktif olduğu sonbahar döneminde yetiştiriciliğe

başlandıktan sonra sıcaklıkların giderek azalması, köke giriş yapan nematodun kökteki gelişimini yavaşlatacağı için (Ornat ve ark., 2001) tuzaklama amacıyla kullanılacak bitkiler, nematodun aktif olduğu dönemde yetiştirilmelidir. Nematodun hassas konukçusu olan bitkiler kullanılacaksa, nematodun üremesine izin verecek kadar süre geçmeden; yani yumurta oluşmadan önce bitkilerin uzaklaştırılması gerekmektedir (Youssef ve El-Nagdi, 2016). Kök-ur nematodları hassas konukçularda ve uygun çevre şartlarında mutlaka biyolojilerini tamamlayabilirler başka bir ifadeyle üreyip yumurta vererek yeni dölleri oluşturabilirler. Bu nedenle, hassas bitkilerin tuzaklama tekniğinde kullanımında, hassas bitkinin içindeki nematodlarla beraber imha edileceği zaman çok önemlidir. Kök-ur nematodunun köklerdeki kolonizasyonu tamamlanmış ancak yumurta vermeye başlanmamış olunan kritik zaman, tuzak bitkinin ortamdaki uzaklaştırılacağı zamandır. Bu nedenle, kullanılan bitkide kök-ur nematodunun biyolojisinin ayrıntılı olarak bilinmesine gerek duyulur (Vestergard, 2019). Bu durumda tuzaklamanın başarısından; tuzak bitkilerin imhası, aynı zamanda maksimum ikinci dönem larvanın da köke giriş yaptığı zaman olduğunda söz edilebilir. Örneğin *M. hapla* termal konstantı yaklaşık 450–550 gün derece olup, gelişme minimum sıcaklığı ise 8 °C dir (Lahtinen ve ark., 1988; Mercer, 1990). Bu sebeple yumurta veriminin olmaması yani 450 gün dereceye ulaşılmaması, tuzak bitkinin imhasının gerçekleştirileceği zaman olmalıdır. Bu amaçla yapılan denemelerde, rokanın ekiminden 6 hafta sonrasında ortamdaki uzaklaştırılması sonucunda kök-ur nematodu popülasyonu belirgin olarak engellenmiş, rokanın mevsim sonuna kadar arazide kaldığı denemelerde ise kök-ur nematodu popülasyonu 6 katına çıkabilmiştir. Bu sonuçlar, özellikle hassas tuzak bitkilerinin ortamdaki uzaklaştırılma zamanının kritik önemini ve tuzaklama dönemi boyunca sıcaklığın dikkatlice izlenmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır. Yapılan pek çok çalışmada da tuzak roka ve turp bitkilerinin, kök-ur nematodlarının mücadelesinde başarıyla kullanılabilirliği gösterilmiş olsa da; mutlaka gün derece ölçümleri yapıp, tuzak bitkilerin alandan uzaklaştırılacağı zamanın net olarak bilinmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Noling ve Ferris, 1987; Daub, 2020).

Nematisitlere alternatif olan diğer tüm stratejilerde de olduğu gibi, tuzak bitkilerin kök-ur nematodlarının mücadelesindeki kullanımlarının başarısı; mevcut kök-ur nematodu türünün doğru teşhisine ve tuzak bitkinin tür ve varyetesinin doğru seçimine bağlıdır. Teorik olarak tuzak bitkilerin kullanımlarının ektoparazit ve geçedici endoparazitik nematod türlerine karşı başarılı olması beklenmediğinden, tuzak bitkilerin kök-ur nematoduna karşı kullanılacağı ekim alanında da bu türlerin olmadığından emin olunmalıdır. Bu itibarla kök-ur nematodlarının karışık türlerini içeren popülasyonlarının bulunduğu ya da diğer bitki parazit türlerin de yoğun olduğu alanlarda başarısından söz edilemez. Bu nedenle, tuzaklama uygulamasının gerçekleştirileceği ekim alanlarında, mevcut tür teşhislerinde son geliştirilen hızlı ve etkili yöntemlerden mutlaka yararlanılmalıdır (Kaloshian ve ark., 1996).

Genel olarak, son yıllarda kök-ur nematodlarının entegre mücadelelerine yönelik yaklaşımlar önemli ölçüde değişmiştir. Yeni geliştirilen mücadele tekniklerinde mutlaka düşünülmesi gereken bir diğer önemli husus ise; mücadelenin masraflarıdır. Tuzak bitkiler genellikle sulamaya ihtiyaç duyarlar. Sulama sonucunda meydana gelmesi beklenen en önemli dezavantaj ise nematoda hassas yabancı otların çimlenmesidir. Bu itibarla sulama maliyetlerine ilave olarak en fazla maliyeti, yabancı ot kontrolü oluşturacaktır (Westerdahl, 2020). Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde bile, kök-ur nematodlarının mücadelesinde tuzak bitkilerin özellikle entegre mücadele

içinde değişik uygulamalarla kombinasyonlar şeklinde kullanımları (Navarrete ve ark., 2016), önemli bir potansiyelde olup ilerleyen zamanlarda daha da yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

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

Kaynakça

- Abad, P., Favery, B., Rosso, M.N. and Castagnone-Sereno, P. 2003. Root-knot nematode parasitism and host response: Molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4: 217-224.
- Agu, C.M. 2008. Effects of intercropping on root-gall nematode disease on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Plant Sciences Research*, 1(1): 20-23.
- Araya, M. and Caswell-Chen, E.P. 1994. Penetration of *Crotalaria juncea*, *Dolichos lablab* and *Sesamum indicum* roots by *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 26: 238-240.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2016. Bazı Brassicaceae bitkilerinin *Meloidogyne arenaria* (Neal) ve *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) (Tylenchida: Meloidogynidae)'ya konukçuluk seviyeleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 40(2): 197-208.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2018. Biofumigation studies by using *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* as a winter cycle crops to control root-knot nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61: 1-9.
- Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S. and Vivanco, J.M. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 233-266.
- Bakker, J., Gommers, F.J., Nieuwenhuis, I. and Wynberg, H. 1979. Photoactivation of the nematicidal compound alpha-terthienyl from roots of marigolds (*Tagetes* species). A possible singlet oxygen role. *Journal of Biological Chemistry*, 254(6): 1841-1844.
- Ball-Coelho, B.R., Reynolds, L.B., Back, A.J. and Potter, J.W. 2001. Residue decomposition and soil nitrogen are affected by mowing and fertilization of marigold. *Agronomy Journal*, 93: 207-215.
- Belcher, J.V. and Hussey, R.S. 1977. Influence of *Tagetes patula* and *Archis hypogea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease Report*, 61: 525-528.
- Bell, C.A., Lilley, C.J., McCarthy, J., Atkinson, H.J. and Urwin, P.E. 2019. Plant-parasitic nematodes respond to root exudate signals with host-specific gene expression patterns. *Pathogens*, 15(2): e1007503.
- Bleve-Zacheo, T., Bongiovanni, M., Melillo, M.T. and Castagnone-Sereno, P. 1998. The pepper resistance genes *Me1* and *Me3* induce differential penetration rates and temporal sequences of root cell ultrastructural changes upon nematode infection. *Plant Science*, 133: 79-90.

- Boppré, M. and Thoden, T. 2010. Plants producing pyrrolizidine alkaloids: sustainable tools for nematode management. *Nematology*, 12(1): 1-24.
- Buena, A.P., Díez-Rojo, M.Á., López-Pérez, J.A., Robertson, L. and Escuer, M. 2008. Screening of *Tagetes patula* L. on different populations of *Meloidogyne*. *Crop Protection*, 27(1): 96-100.
- Caillaud, M.C., Abad, P. and Favery, B. 2008. Cytoskeleton reorganization, a key process in root-knot nematode-induced giant cell ontogenesis. *Plant Signaling and Behavior*, 3: 816–818.
- Castagnone-Sereno, P. 2002. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. and their ability to overcome plant resistance genes. *Nematology*, 4(5): 605-608.
- Collange, B., Navarrete, M., Peyre, G., Mateille, T. and Tchamitchian, M. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection*, 30(10): 1251-1262.
- Crow, W.T., Weingartner, D.P., Dickson, D.W. and McSorley, R. 2001. Effect of sorghum-sudangrass and velvetbean cover crops on plant-parasitic nematodes associated with potato production in Florida. *Journal of Nematology*, 33(4S): 285–288.
- Cuadra, R., Cruz, X. and Fajardo, J.L. 2000. The use of short cycle crops as trap crops for the control of root-knot nematodes. *Nematropica*, 30: 241-246.
- Curtis, R.H.C., Robinson, A.F. and Perry, R.N. 2009. Hatch and host location: *Root-knot Nematodes*. Eds.: Perry, R. N., Moens, M., Starr, J. L., CAB International, Wallingford, UK, pp: 139–162.
- Curto, G., Dallavalle, E., Santi, R. and Lazzeri, L. 2005. Effectiveness of crop rotation with Brassicaceae species for the management of the Southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 33: 39-45.
- Curto, G., Santi, R., Valle, E.D. and Lazzeri, L. 2006. Evaluation of alternative strategies for the control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitwood on tomato crop in plastic greenhouse. *Giornate Fitopatologiche*, 1: 225-232.
- Curto, G., Dallavalle, E., Santi, R., Casadei, N., D'Avino, L. and Lazzeri, L. 2015. The potential of *Crotalaria juncea* L. as a summer green manure crop in comparison to Brassicaceae catch crops for management of *Meloidogyne incognita* in the Mediterranean area. *European Journal of Plant Pathology*, 142(4): 829-841.
- Dabur, K.R., Taya, A.S. and Bajaj, H.K. 2004. Life cycle of *Meloidogyne graminicola* on paddy and its host range studies. *Indian Journal of Nematology*, 34(1): 80-84.
- Datta, S.C. 2006. Possible use of amaranth as catch crop for root-knot nematodes intercropped with okra. *Phytomorphology*, 56(3): 113.
- Daub, M. 2020. Effect of winter oilseed rape cropping on the development of the sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii* and control of volunteer plants as a trap crop method. *Agronomy*, 10(3): 355.
- Daulton, R.A.C. and Curtis, R.F. 1963. The effects of *Tagetes* spp. on *Meloidogyne javanica* in Southern Rhodesia. *Nematologica*, 9(3): 357-362.

- De Brida, A.L., da Silva Correia, É.C.S., e Castro, B.M.D.C., Zanuncio, J.C. and Wilcken, S.R.S. 2017. Oat, wheat, and sorghum genotype reactions to *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 49(4): 386.
- De Brida, A.L., e Castro, B.M.D.C., Zanuncio, J.C., Serrão, J.E. and Wilcken, S.R.S. 2018. Oat, wheat and sorghum cultivars for the management of *Meloidogyne enterolobii*. *Nematology*, 20(2): 169-173.
- Desaeger, J. and Rao, M.R. 2001. The potential of mixed covers of *Sesbania*, *Tephrosia* and *Crotalaria* to minimise nematode problems on subsequent crops. *Field Crops Research*, 70(2): 111-125.
- Desaeger, J., Dickson, D.W. and Locascio, S.J. 2017. Methyl bromide alternatives for control of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in tomato production in Florida. *Journal of Nematology*, 49(2): 140.
- Dias, M.C., Conceição, I.L., Abrantes, I. and Cunha, M.J. 2012. *Solanum sisymbriifolium*-a new approach for the management of plant-parasitic nematodes. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1): 171-179.
- Djian-Caporalino, C., Bourdy, G. and Cayrol, J.C. 2005. Nematicidal and nematode-resistant plants: *Biopesticides of plant origin*, Eds: Regnault-Roger, C., Philogène, B., Vincent, C., London, Paris, New York, pp: 173–224.
- Djian-Caporalino, C., Molinari, S., Palloix, A., Ciancio, A., Fazari, A., Marteu, N. and Castagnone-Sereno, P. 2011. The reproductive potential of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* is affected by selection for virulence against major resistance genes from tomato and pepper. *European Journal of Plant Pathology*, 131(3): 431-440.
- Djian-Caporalino, C., Palloix, A., Fazari, A., Marteu, N., Barbary, A., Abad, P., Sage-Palloix, A.M., Mateille, T., Risso, S., Lanza, R., Taussig, C. and Castagnone-Sereno, P. 2014. Pyramiding, alternating or mixing: comparative performances of deployment strategies of nematode resistance genes to promote plant resistance efficiency and durability. *BMC Plant Biology*, 14: 53–66.
- Dutta, T.K., Khan, M.R. and Phani, V. 2019. Plant-parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non-brassica plants: current status and future prospects. *Current Plant Biology*, 17: 17–32.
- Edwards, S. and Ploeg, A. 2014. Evaluation of 31 potential biofumigant brassicaceous plants as hosts for three *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 46: 287–295.
- El Allagui, N., Tahrouch, S., Bourijate, M. and Hatimi, A. 2007. Action of plant extracts on root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) mortality. *Acta Botanica Gallica*, 154: 503–509.
- Elling, A.A. 2013. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. *Phytopathology*, 103: 1092-1102.
- Evenhuis, A., Korthals, G. and Molendijk, L. 2004. *Tagetes patula* as an effective catch crop for long-term control of *Pratylenchus penetrans*. *Nematology*, 6(6): 877-881.
- Faizi, S., Fayyaz, S., Bano, S., Yawar Iqbal, E., Siddiqi, H. and Naz, A. 2011. Isolation of nematicidal compounds from *Tagetes patula* L. yellow flowers: Structure–activity relationship studies against cyst nematode *Heterodera zae* infective stage larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17): 9080-9093.
- Forghani, F. and Hajihassani, A. 2020. Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1125.

- Gardner, J. and Caswell-Chen, E.P. 1994. *Raphanus sativus*, *Sinapis alba* and *Fagopyrum esculentum* as hosts to *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* and *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Nematology*, 26: 756-760.
- Ghaderi, R. and Karssen, G. 2020. An updated checklist of *Meloidogyne* Göldi, 1887 species, with a diagnostic compendium for second-stage juveniles and males. *Journal of Crop Protection*, 9(2): 183-193.
- Gine Blasco, A., Monfort Roca, P. and Sorribas Royo, F.J. 2021. Creation and validation of a temperature-based phenology model for *Meloidogyne incognita* on common bean. *Plants*, 10(2): 240.
- Gommers, F.J. and Bakker, J. 1988. Mode of action of alpha-terthienyl and related compounds may explain the suppressant effects of *Tagetes* species on populations of free living endoparasitic plant nematodes. *Bioactive Molecules*, 7: 61-69.
- Good, J.M., Minton, N.A. and Jaworski, C.A. 1965. Relative susceptibility of selected cover crops and coastal bermudagrass to plant nematodes. *Phytopathology*, 55: 1026-1030.
- Grabau, Z.J., Maung, Z.T.Z., Noyes, D.C., Bass, D.G., Werling, B.P., Brainard, D.C. and Melakeberhan, H. 2017. Effects of cover crops on *Pratylenchus penetrans* and the nematode community in carrot production. *Journal of Nematology*, 49: 114–123.
- Hafez, S.L. and Sundararaj, P. 2001. Impact of agronomic and cultural practices of green manure crops for the management of *Heterodera schachtii* in sugarbeet. *International Journal of Nematology*, 10: 177-182.
- Hagag, E.S., Taha, N.A.A. and Hafez, Y.M. 2016. Control of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on eggplant plants using biotic and abiotic inducers of resistance. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2): 269-275.
- Hajihassani, A., Rutter, W.B. and Luo, X. 2019a. Resistant pepper carrying N, Me1, and Me3 have different effects on penetration and reproduction of four major *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 51: 1–9.
- Hajihassani, A., Davis, R.F. and Timper, P. 2019b. Evaluation of selected nonfumigant nematicides on increasing inoculation density of *Meloidogyne incognita* on cucumber. *Plant Disease*, 103: 3161–3165.
- Halford, P.D., Russell, M.D. and Evans, K. 1999. Use of resistant and susceptible potato cultivars in the trap cropping of potato cyst nematodes, *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*. *Annals of Applied Biology*, 134(3): 321-327.
- Hamaguchi, T., Sato, K., Vicente, C.S. and Hasegawa, K. 2019. Nematicidal actions of the marigold exudate α -terthienyl: oxidative stress-inducing compound penetrates nematode hypodermis. *Biology Open*, 8(4): bio038646.
- Hamidi, N. and Hajihassani, A. 2020. Differences in parasitism of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on oilseed radish and oat. *Journal of Nematology*, 52: 1-10.
- Hancock, M. 1996. The relationship between removal date of trap crops and the control of potato cyst nematode (*Globodera pallida*). 13th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Veldhoven, The Netherlands, p: 367–368.
- Haque, S.M.A., Mosaddeque, H.Q.M., Sultana, K., Islam, M.N. and Rahman, M.L. 2008. Effect of different trap crops against root knot nematode disease of jute. *Journal of Innovative Dev. Strategy*, 2: 42–47.

- Hasan, N. and Jain, R.K. 1985. Response of some selected *Sesbania* species to root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 13: 15-19.
- Hendy, H., Dalmasso, A. and Cardin, M.C. 1985. Differences in resistant *Capsicum annuum* attacked by different *Meloidogyne* species. *Nematologica*, 31: 72–78
- Hethelyi, E., Danos, B. and Tetenyi, P. 1986. GC-MS analysis of the essential oils of four *Tagetes* species and the anti-microbial activity of *Tagetes minuta*. *Flavour and Fragrance Journal*, 1: 169-173.
- Hokkanen, H.T. 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 36: 119–138.
- Hooks, C.R., Wang, K.H., Ploeg, A. and McSorley, R. 2010. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 46(3): 307-320.
- Hütsch, B.W., Augustin, J. and Merbach, W. 2002. Plant rhizodeposition - An important source for carbon turnover in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165: 397–407.
- Inserra, R.N., Griffin, G.D. and Sisson, D.V. 1983. Effects of temperature and root leachates on embryonogenic development and hatching of *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne hapla*. *Journal of Nematology*, 15: 123–127.
- Jagdale, G.B., Pawar, A.B. and Darekar, K.S. 1985. Effect of organic amendments and antagonistic plants on control of root-knot nematode infesting betelvine. *Indian Journal of Nematology*, 15(2): 264.
- Jones, J.T., Haegemen, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L. and Perry, R.N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14: 946-961.
- Kaloshian, I., Williamson, V.M., Miyao, G., Lawn, D.A. and Westerdahl, B.B. 1996. "Resistance-breaking" nematodes identified in California tomatoes. *Agriculture*, 50(6): 18–19.
- Karajeh, M., Abu-Gharbieh, W. and Masoud, S. 2005. Virulence of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. on tomato bearing the *Mi* gene for resistance. *Phytopathologia Mediterranea*, 44: 24–28.
- Kimenju, J.W., Kagundu, A.M., Nderitu, J.H., Omuolo, F.M. and Mutua, G.K. 2007. Use of green manure plants in cropping systems to suppress root-knot nematodes. *African Crop Science Society*, 8: 1083-1085.
- Koen, H. 1966. Observations on plant-parasitic relationship between the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and some resistant and susceptible plants. *South African Journal of Agricultural Science*, 9: 981-992.
- Lahtinen, A.E., Trudgill, D.L. and Tlikkala, K. 1988. Threshold temperature and minimum thermal time requirements for the complete life cycle of *Meloidogyne hapla* from Northern Europe. *Nematologica*, 34: 443-451.
- Lauzier, A.M. 2002. Mustard: Cover crops for the Columbia Basin. Fact Sheet, Washington State University Cooperative Extension. Available online at <http://grant-adams.wsu.edu>
- Lopez-Gomez, M., Talavera, M. and Verdejo-Lucas, S. 2016. Differential reproduction of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* in watermelon cultivars and cucurbit rootstocks. *Plant Pathology*, 65(1): 145-153.
- Lopez-Perez, J. A., Roubtsova, T., de Cara García, M. and Ploeg, A. 2010. The potential of five winter-grown crops to reduce root-knot nematode damage and increase yield of tomato. *Journal of Nematology*, 42(2): 120.

- Maleita, C., Curtis, R. and Abrantes, I. 2012. Thermal requirements for the embryonic development and life cycle of *Meloidogyne hispanica*. *Plant Pathology*, 61(5): 1002-1010.
- Marahatta, P.S., Wang, K.H., Sipes, B.S. and Hooks, C.R.R. 2012. Effects of *Tagetes patula* on active and inactive stages of root-knot nematodes. *Journal of Nematology*, 44(1): 26-30.
- Marschner, P. 2012. Rhizosphere biology: Marschner's mineral nutrition of higher plants, Academic Press, pp: 369-388.
- Marles, R.J., Hudson, J.B., Graham, E.A., Soucy-Breau, C., Morand, P., Compadre, R.L., Neil Towers, G.H. and Arnason, J.T. 1992. Structure-activity studies of photoactivated antiviral and cytotoxic tricyclic thiophenes. *Photochemistry and Photobiology*, 56(4): 479-487.
- McSorley, R. and Gallaher, R.N. 1991. Nematode population changes and forage yields of six corn and sorghum cultivars. *Supplement to Journal of Nematology*, 23: 673-677.
- McSorley, R., Dickson, D.W. and deBrito, J.A. 1994a. Host status of selected tropical rotation crops to four populations of root-knot nematodes. *Nematropica*, 24: 45-53.
- McSorley, R., Dickson, D.W., deBrito, J.A. and Hochmuth, R.C. 1994b. Tropical rotation crops influence nematode densities and vegetable yields. *Journal of Nematology*, 26: 308-314.
- Melakeberhan, H., Xu, A., Kravchenko, A., Mennan, S. and Riga, E. 2006. Potential use of arugula (*Eruca sativa* L.) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8(5): 793-799.
- Melakeberhan, H., Mennan, S., Ngouajio, M. and Dudek, T. 2008. Effect of *Meloidogyne hapla* on oilseed *R. sativus* (*Raphanus sativus*) use. *Nematology*, 10: 375-370.
- Mıstanoğlu, İ., Uysal, G., Devran, Z. 2021. Bitki Paraziti Nematodlarla Mücadelede Kullanılan Nematitlerin Etki Mekanizmaları. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35 (2); 483- 498.
- Miamoto, A., Dias-Arieira, C.R., Cardoso, M.R. and Puerari, H.H. 2016. Penetration and reproduction of *Meloidogyne javanica* on leguminous crops. *Journal of Phytopathology*, 164: 890-895.
- Miamoto, A., Zamboni Machado, A.C., Dorigo, O.F., Mioranza, T.M., Puerari, H.H., Almeida e Silva, B. and Dias Arieira, C.R. 2020. Antagonistic potential and histopathology of *Meloidogyne javanica* on *Macrotyloma axillare* cv. Java. *Australian Journal of Crop Science*, 14(6): 940-946.
- Moens, M., Perry, R.N. and Starr, J.L. 2009. *Meloidogyne* species—a diverse group of novel and important plant parasites: *Root-knot nematodes*, Ed.: Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L. CAB International, Wallingford, UK, pp: 1- 13.
- Motsinger, R.E., Moody, E.H. and Gay, C.M. 1977. Reaction of certain French marigold (*Tagetes patula*) cultivars to three *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology*, 9: 278.;
- Narasimhamurthy, H.B., Ravindra, H., Mukesh Sehgal, R.N. and Suresha, D. 2018. Biology and life cycle of rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6: 477-479.
- Narberhaus, I., Zintgraf, V. and Dobler, S. 2005. Pyrrolizidine alkaloids on three trophic levels—evidence for toxic and deterrent effects on phytophages and predators. *Chemoecology*, 15(2): 121-125.

- Navarrete, M., Djian-Caporalino, C., Mateille, T., Palloix, A., Sage-Palloix, A.M., Lefèvre, A., Fazari, A., Marteu, N., Tavoillot, J., Dufils, A., Furnion, C., Pares, L. and Forest, I. 2016. A resistant pepper used as a trap cover crop in vegetable production strongly decreases root-knot nematode infestation in soil. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4): 1-11.
- Nježi, B., De Sutter, N. and Moens, M. 2014. Interaction of *Tagetes patula* cv. Single Gold with the life cycle of the plant-parasitic nematodes *Meloidogyne chitwoodi* and *Pratylenchus penetrans*. *Russian Journal of Nematology*, 22(2): 101-108.
- Nivsarkar, M., Cherian, B. and Padh, H. 2001. Alpha-terthienyl: A plant-derived new generation insecticide. *Current Science*, 667-672.
- Noling, J.W. and Ferris, H. 1987. Nematode-degree days, a density-time model for relating epidemiology and crop losses in perennials. *Journal of Nematology*, 19(1): 108-118.
- Nusbaum, C.J. and Ferris, H. 1973. The role of cropping systems in nematode population management. *Annual Review of Phytopathology*, 11(1): 423-440.
- Oka, Y. 2001. Nematicidal activity of essential oil components against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 3(2): 159-164.
- Ornat, C., Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F.J. and Tzortzakakis, E.A. 1999. Investigation-Research: Effect of fallow and root destruction on survival of root-knot and root-lesion nematodes in intensive vegetable cropping systems. *Nematropica*, 5-16.
- Ornat, C., Verdejo-Lucas, S. and Sorribas, F.J. 2001. A population of *Meloidogyne javanica* in Spain virulent to the *Mi* resistance gene in tomato. *Plant Disease*, 85: 271-276.
- Ornat, C. and Sorribas, F.J. 2008. Integrated management of root-knot nematodes in Mediterranean horticultural crops: *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*, Springer, Dordrecht, pp: 295-319.
- Patel, H.R., Patel, D.J., Patel, C.C. and Thakar, N.A. 1991. Management of root-knot nematodes by Periwinkle. *Nematologia Mediterranea*, 65-66.
- Perry, R. N., Moens, M. and Starr, J. L. 2009. *Root-knot nematodes*. CAB International, Wallingford, UK, 488p.
- Ploeg, A.T. and P.C. Maris. 1999. Effect of temperature on suppression of *Meloidogyne incognita* by *Tagetes* cultivars. *Journal of Nematology*, 31(4S): 709-714.
- Ploeg, A. 2000. Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single Gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. *Nematology*, 2(5): 489-493.
- Ploeg, A. T. 2002. Effects of selected marigold varieties on root-knot nematodes and tomato and melon yields. *Plant Disease*, 86: 505-508.
- Poveda, J., Abril-Urias, P. and Escobar, C. 2020. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes by Filamentous Fungi Inducers of Resistance: *Trichoderma*, Mycorrhizal and Endophytic Fungi. *Frontiers Microbiology*, 11: 992.
- Priyanka, D., Shalini, T. and Navneet, V.K. 2013. A brief study on marigold (*Tagetes* species): a review. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(1): 43-48.

- Pudasaini, M., Viaene, N. and Moens, M. 2006. Effect of marigold (*Tagetes patula*) on population dynamics of *Pratylenchus penetrans* in a field. *Nematology*, 8(4): 477-484.
- Rangaswamy, S.D., Reddy, P.P. and Joshi, S. 1993. Histopathological and histochemical investigation on antagonistic trap crops (marigold and mustard) and susceptible tomato infested with *Meloidogyne incognita*. *Current Nematology*, 4: 203-206.
- Ravindra, H., Sehgal, M., Narasimhamurthy, H.B., Jayalakshmi, K., Khan, H.I. 2017. Rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) an emerging problem. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6: 3143–3171.
- Reddy, P.P. 2017. Trap cropping: *Agro-Ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*, Ed.: Reddy, P.P., Springer, Singapore, pp: 133–147.
- Rhoades, H.L. 1980. Relative susceptibility of *Tagetes patula* and *Aeschynomene americana* to Plant Nematodes in Florida. *Nematropica*, 10: 116–120.
- Rickard, D.A. and A.W. Du Pree, Jr. 1978. The effectiveness of ten kinds of marigolds and five other treatments for control of four *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology*, 4: 296-297.
- Riga, E., Potter, J. and Hooper, C. 2005. In vitro effect of marigold seed exudates on plant parasitic nematodes. *Phytoprotection*, 86: 31-35.
- Sacchi, S., Torrini, G., Marianelli, L., Mazza, G., Fumagalli, A., Cavagna, B., Ciampitti, M. and Roversi, P.F. 2021. Control of *Meloidogyne graminicola* a root-knot nematode using rice plants as trap crops: Preliminary results. *Agriculture*, 11(1): 37.
- Scholte, K. 2000a. Effect of potato used as a trap crop on potato cyst nematodes and other soil pathogens and on the growth of a subsequent main potato crop. *Annals of Applied Biology*, 136: 229–238.
- Scholte, K. 2000b. Screening of non-tuber bearing Solanaceae for resistance to and induction of juvenile hatch of potato cyst nematodes and their potential for trap cropping. *Annals of Applied Biology*, 136: 239–246.
- Scholte, K. 2000c. Growth and development of plants with potential for use as trap crops for potato cyst nematodes and their effects on the numbers of juveniles in cysts. *Annals of Applied Biology*, 137: 31–42.
- Scholte, K. and Vos, J. 2000. Effects of potential trap crops and planting date on soil infestation with potato cyst nematodes and root-knot nematodes. *Annals of Applied Biology*, 137: 153-164.
- Shelton, A.M. and Badenes-Perez, F.R. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 51: 285–308.
- Sikder, M.M. and Vestergård, M. 2020. Impacts of root metabolites on soil nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1792.
- Sikora, R.A., Bridge, J. and Starr, J.L. 2005. Management practices: An overview of integrated nematode management technologies: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, Ed.: Luc, M., Sikora, R.A., Bridge, J., CABI, Wallingford, UK, pp: 793–825.
- Soule, J. 1993. *Tagetes minuta: A potential new herb from South America*. Ed.: Janick, J. and J.E. Simon, New Crops, Wiley, NY, pp: 649-654.

- Steddom, K., Ong, K. and Starr, J. 2008. Efficacy of various brassica varieties for the suppression of root knot, ring and stunt nematodes. *Phytopathology*, 98(6): 150.
- Steiner, G. 1941. Nematodes parasitic on and associated with roots of marigolds (*Tagetes hybrids*). *Proceedings of The Biological Society Of Washington*, 54: 31-34.
- Stewart, M.J. and Steenkamp, V. 2001. Pyrrolizidine poisoning: a neglected area in human toxicology. *Therapeutic Drug Monitoring*, 23(6): 698-708.
- Strajnar, P., Širca, S., Knapič, M. and Urek, G. 2011. Effect of Slovenian climatic conditions on the development and survival of the root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica*. *European Journal of Plant Pathology*, 129(1): 81-88.
- Sukul, N.C. 1992. Plants antagonistic to plant parasitic nematodes. *Indian Review of Life Sciences*, 12: 23–52.
- Tateishi, Y., Sano, Z., Iwahori, H., Uesugi, K., Katsura, M. and Gau, M. 2008. Suppression of root-knot nematode damage to succeeding sweet potato by summer-sown cultivation of an oat (*Avena sativa*) variety, 'Tachiibuki'. *Japanese Journal of Nematology*, 38(1): 1-7.
- Tateishi, Y., Iwahori, H., Uesugi, K. and Katsura, M. 2011. Invasion, development, and reproduction of 3 *Meloidogyne* species on oat cultivar Tachiibuki, a nematode-suppressive fall crop. *Nematological Research*, 41: 1–7.
- Teklu, M.G., Schomaker, C.H. and Been, T.H. 2014. Relative susceptibilities of five fodder radish varieties (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) to *Meloidogyne chitwoodi*. *Nematology*, 16: 577–590.
- Thoden, T.C., Hallmann, J. and Boppré, M. 2009. Effects of plants containing pyrrolizidine alkaloids on the northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. *European Journal of Plant Pathology*, 123(1): 27-36.
- Timmermans, B.G.H. 2005. *Solanum sisymbriifolium* (Lam.): a trap crop for potato cyst nematodes. Ph.D. Thesis, University of Wageningen, School for Production Ecology and Resource Conservation.
- Torto, B., Kirwa, H., Kihika, R. and Murungi, L.K. 2018. Strategies for the manipulation of root knot nematode behavior with natural products in small scale farming systems: *Roles of Natural Products for Biorational Pesticides in Agriculture*, Ed.: Beck, J.J., Rering, C.C., Duke, O.S., American Chemical Society Symposium Series, Vol. 1294, Washington, USA, pp: 115-126.
- Trigo, J.R. 2011. Effects of pyrrolizidine alkaloids through different trophic levels. *Phytochemistry Reviews*, 10(1): 83-98.
- Tringovska, I., Yankova, V., Markova, D. and Mihov, M. 2015. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. *Scientia Horticulturae*, 186: 31-37.
- Trudgill, D.L., Honek, A., Li, D. and Van Straalen, N.M. 2005. Thermal time concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146: 1–14.
- Tzortzakakis, E. and Trudgill, D. 2005. A comparative study of the thermal time requirements for embryogenesis in *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 7(2): 313-315.
- Tsao, R., Peterson, C.J. and Coats, J.R. 2002. Glucosinolate breakdown products as insect fumigants and their effect on carbon dioxide emission of insects. *BMC Ecology*, 2 (5): 1-7.

- Tyler, J. 1938. Proceedings of the root-knot conferences held at Atlanta. *Plant Disease Reporter Supplement*, 109: 133-151.
- Uesugi, K., Katsura, M., Uwatoko, N., Tateishi, Y., Murata, G. and Iwabuchi, K. 2018. Suppressive effect of black oat, *Avena strigosa*, KH1a on *Meloidogyne* spp. *Nematology*, 20: 387–396.
- Vaingankar, J.D., Maruthadurai, R., Sellaperumal, C., Dhargalkar, S.D., Harihar, S. and Arunachalam, V. 2018. Tapping the potential of vegetable *Amaranth* genotype to trap the root knot nematode pest. *Scientia Horticulturae*, 230: 18-24.
- Van Der Linde, W.J. 1956. The *Meloidogyne* problem in South Africa. *Nematologica*, 1: 177-183.
- Vasudevan, P., Kashyap, S. and Sharma, S. 1997. *Tagetes*: a multipurpose plant. *Bioresource Technology*, 62(1-2): 29-35.
- Vestergard, M. 2019. Trap crops for *Meloidogyne hapla* management and its integration with supplementary strategies. *Applied Soil Ecology*, 134: 105-110.
- Waisen, P., Sipes, B.S. and Wang, K.H. 2019. Potential of biofumigant cover crops as open-end trap crops against root-knot and reniform nematodes. *Nematropica*, 49(2): 254-264.
- Wang, K.H., McSorley, R. and Gallaher, R.N. 2004. Effect of winter cover crops on nematode population levels in north Florida. *Journal of Nematology*, 36(4): 517.
- Wesemael, W.M. and Moens, M. 2008. Vertical distribution of the plant-parasitic nematode, *Meloidogyne chitwoodi* under field crops. *European Journal of Plant Pathology*, 120(3): 249-257.
- Wesemael, W., Viaene, N. and Moens, M. 2011. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology*, 13(1): 3-16.
- Wesemael, W.M. and Moens, M. 2012. Screening of common bean (*Phaseolus vulgaris*) for resistance against temperate root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Pest Management Science*, 68(5): 702-708.
- Westerdahl, B.B. 2020. Evaluation of trap cropping for management of root-knot nematode on annual crops. *Acta Horticulturae*, 1270: 141-146.
- Xiang, N., Lawrence, K.S. and Donald, P.A. 2018. Biological control potential of plant growth-promoting rhizobacteria suppression of *Meloidogyne incognita* on cotton and *Heterodera glycines* on soybean: A review. *Journal of Phytopathology*, 166(7-8): 449-458.
- Xu, A., Melakeberhan, H., Mennan, S., Kravchenko, A. and Riga, E. 2006. Potential use of arugula (*Eruca sativa* L.) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8: 793–799.
- Youssef, M.M.A. and El-Nagdi, W.M.A. 2016. Effect of sugar beet as a trap crop on the population density of *Meloidogyne incognita* infecting subsequent common dry bean. *Pakistan Journal of Nematology*, 34(1): 87-90.
- Zasada, I.A., Halbrendt, J.M., Kokalis-Burelle, N., LaMondia, J., McKenry, M.V. and Noling, J.W. 2010. Managing nematodes without methyl bromide. *Annual Review of Phytopathology*, 48: 311–328.



Tarımsal Sulamada Bireysel Olarak Uygulanan Teşvik ve Desteklerin Değerlendirilmesi^A

Umut SUZAN^{*}, Hatice GÜRGÜLÜ², Mehmet Ali UL³

Öz: Nüfus artışı, iklim değişikliği ve çevre kirliliği ile birlikte kullanılabilir su kaynaklarımız gün geçtikçe azalmaktadır. Bu durumun olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından “Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi” başlıklı tarım programı yürütülmektedir. Burada amaç yaklaşık olarak %70’i tarım sektöründe sulama suyu olarak kullanılan suyun etkinliğini ve verimliliğini artırmaktır. Söz konusu literatürde bu amaca yönelik olarak hazırlanan uygulama rehberinin değerlendirilmesi yapılmış ve sahaya yansımaları çeşitli bilimsel çalışmalar üzerinden incelenmiştir. Değerlendirmeler ve incelemeler sonucunda bahsi geçen tarım programının eksikliklerinin giderilmesi ile ilgili olarak yapılması gerekenlerin üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sulama, basınçlı sulama sistemleri, tarımsal desteklemeler.

Evaluation of Incentives and Supports Applied Individually in Agricultural Irrigation

Abstract: With population growth, climate change and environmental pollution, our usable water resources are decreasing day by day. In order to reduce the negative effects of this situation, the agriculture program titled

^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.

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding author** ^AEge Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, umut.suzan@ege.edu.tr, [OrcID 0000-0003-1590-6000](https://orcid.org/0000-0003-1590-6000)

² Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, hatice.gurgulu@ege.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5637-7083](https://orcid.org/0000-0001-5637-7083)

³ Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, m.ali.ul@ege.edu.tr, [OrcID 0000-0001-8399-6891](https://orcid.org/0000-0001-8399-6891)

Atıf/Citation: Suzan, U., Gürgülü, H. ve UL, M., A. 2023, Tarımsal sulamada bireysel olarak uygulanan teşvik ve desteklerin değerlendirilmesi, *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi Derg.*, 37(1), 183-194.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1108561>

“Supporting Individual Irrigation Systems within the Scope of Rural Development Supports” is carried out by the Ministry of Agriculture and Forestry. The aim here is to increase the efficiency and productivity of water, approximately 70% of which is used as irrigation water in the agricultural sector. In the mentioned literature, the application guide prepared for this purpose has been evaluated and its reflections on the field have been examined through various scientific studies. As a result of the evaluations and examinations, what needs to be done to eliminate the deficiencies of the aforementioned agricultural program was emphasized.

Keywords: Irrigation, pressurized irrigation systems, agricultural supports.

Giriş

Su ve toprak kaynakları birçok ülkenin önemli doğal kaynaklarının başında gelmekte ve insanların gıda ihtiyaçlarını karşılayan tarımın en önemli bileşenlerini oluşturmaktadır. Ayrıca su, bütün canlıların yapısındaki temel bileşen ve hidrolojik döngünün temel ögesi olması sebebi ile de en önemli bir doğal kaynak olma özelliğindedir. Ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimlerinde ve geleceğe güvenle bakmalarında su ve toprak gibi kaynaklardan etkin yararlanılmasının büyük önemi bulunmaktadır (Şahin, 2001; Çetin ve ark., 2010, Ersöz ve Çamoğlu, 2020). Son zamanlarda dünyada ve ülkemizde bu kaynakları olumsuz olarak etkileyen ve gelecekte de etkileme potansiyeline sahip çeşitli olaylar yaşanmaktadır. Bu olayların başında nüfus artışı, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gelmektedir.

Ülkemizin nüfusu son yapılan açıklamaya göre 84 680 273 kişidir. Nüfus artış hızı ise binde 12.7’dir. Bir önceki yıla göre 1 065 911 kişi artmıştır (Anonim, 2022). Bu durum birçok alanda olduğu gibi, özellikle ülkemizin kullanılabilir su kaynakları üzerindeki baskıyı da artırmaktadır. Türkiye’nin 2013 yılı itibarıyla kişi başına kullanılabilir su miktarı 1 550 m³ iken 2017 yılında bu değer 1 450 m³’e düşmüştür (Suzan ve ark., 2021). Günümüzde ise kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı, normal nüfus artışı ile birlikte uluslararası göçün etkisi sonucu 1 322.6 m³’e kadar gerileyerek görece daha hızlı bir şekilde azalmıştır.

Ülkemiz özelinde yaşanan nüfus artışının yanı sıra küresel ölçekte etkili ısınma ve bunun doğrudan sonucu olarak ortaya çıkan iklim değişikliği sorunu, her şeyden önce, yağış, buharlaşma, yüzey akış ve toprakta depolanan kullanılabilir su miktarı vb. olayları etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle, yıllık yağışlarda ve mevsimlerde görülecek değişimler hem topraktaki nem rejimi hem de su kaynaklarının depolanması açısından önemli etkiye sahiptir. Hangi nedenle olursa olsun bitkilerin gelişme dönemleri boyunca yaşanabilecek su kısıtı ve/veya yetersizliğinin verimi önemli ölçüde düşüreceği yapılan birçok araştırmayla kanıtlanmıştır. Daha geniş açıdan bakıldığında bu durumun doğal olarak, dünya gıda üretimini de olumsuz etkilemesi kaçınılmaz olacaktır.

Küresel ölçekte ortalama sıcaklık değerinde 1 fahrenheit gibi aşırı olmayan bir artışın bile dağlık yerlerdeki yağmuru önlenemez bir şekilde artırıp kar yağışını azaltabileceği öngörülmektedir. Bunun sonucunda, sel sayılarında artış yaşanması, sulama suyuna ihtiyaç duyulan mevsimde ise akarsuları besleyecek olan kar örtüsünün yetersiz kalması ve bitkilerin ihtiyaç duydukları sulama suyu miktarının yeterince karşılanamaması

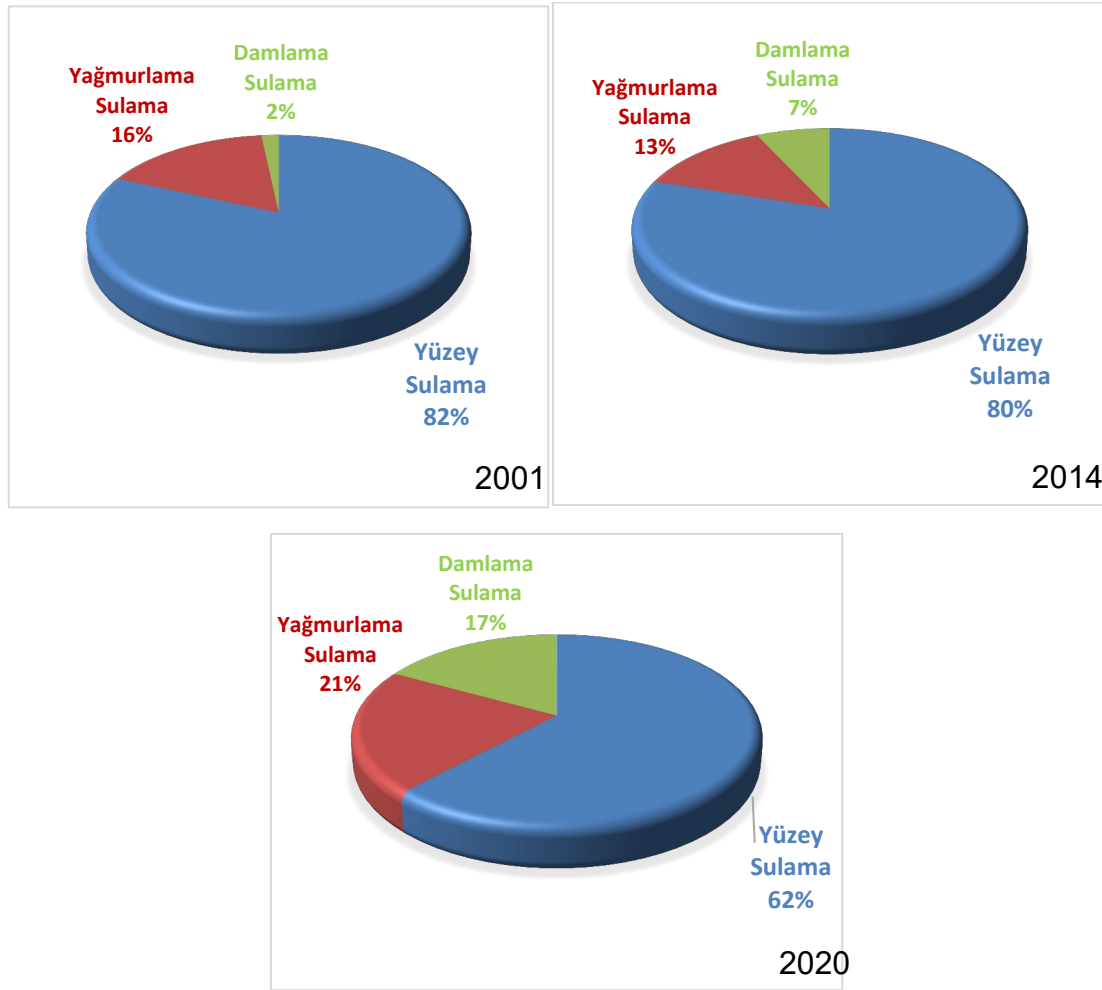
durumu, geleceğe yönelik hazırlanan senaryolar içinde en güçlü olasılık olarak öne çıkmaktadır (Yeğenağa, 2009; Korkmaz, 2015).

Tarım sektöründe temiz su kaynaklarını etkileyen bir başka faktör de çevre kirliliğidir. Bu sorunun kaynağı, genel olarak, kentsel olabileceği gibi endüstriyel ve hatta tarımsal faaliyetler olabilmektedir. Çevreyi oluşturan su, toprak ve hava kirlenebilen ortamlardır. Dolayısıyla, su, toprak ve hava kirliliği tarımsal faaliyetler açısından bir risktir üretim çıktılarına doğrudan etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle gıda güvenliği konusunun çevre güvenliği olgusundan bağımsız düşünülmesi ve çözümlenmesi olanaksızdır.

Su kirliliği ekolojik dengeyi bozan en önemli etmenlerin başında gelmektedir. Özellikle göl, nehir ve sulama sularındaki kirlenme sonucunda, kalite kriterlerinde bozulma ile birlikte ortamdaki canlı yaşamı kısıtlanmaktadır. En basit anlamda sulama sularında yaşanacak tuzluluk artışı, su ve toprak ilişkisini olumsuz yönde etkilemekle birlikte toksik etkilerin başlamasına sebep olmaktadır (Ülger, 2012).

Bu olumsuz etkilerden dolayı kullanılabilir su kaynaklarının giderek kısıtlı bir kaynak haline gelmesi nedeniyle; Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından nüfus artışının, çevre kirliliğinin ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak, verim artışı ile birlikte besin arzı güvenliğini sağlamak amacıyla çeşitli tarım politika ve programları ortaya konmaktadır. Bu programlardan biri “Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı”dır. Bu destek çoğunlukla hibe ve kısmen de kredi şeklinde verilmektedir. Söz konusu destekler, proje bazlı olarak mali destek programları ve kırsal kalkınma projeleri kapsamında sunulmaktadır. 2016 yılından sonra bu çerçevede verilen destekler, “Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi” başlığı altında uygulanmaya başlanmıştır. Burada amaç yaklaşık %70’i tarımsal sulamada kullanılan ülkemizin su kaynağı potansiyelinin verimliliğini artırmaktır. Özellikle, iyi bir projelendirme ve işletim koşullarında, damla sulama sistemlerinde su kaybı yok denecek kadar azdır. Bu şekilde tasarrufu sağlanan suyun diğer sektörlerde kullanılma şansı bulunmaktadır. Bu açıdan basınçlı sulama yöntemlerinin kullanımı, su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ve korunmasının sağlanmasında önemli bir araçtır. Bu amaçla basınçlı sulama sistemlerinin ülkemiz genelindeki kullanım oranı Bakanlık tarafından %60’a çıkartılmak istenmektedir (Aküzüm ve ark., 2010; Sever, 2018; TOB, 2020; Candemir ve ark., 2021).

Ülkemizde alan bazında kullanılan sulama yöntemlerinin süreç içindeki değişimi Şekil 1’de verilmiştir. Buna göre 2001 yılında kullanım oranı %18 olan basınçlı sulama (damla %2 ve yağmurlama %16), 2014 yılında %20’ye (damla %7 ve yağmurlama %13) yükselmiştir. Tarım ve Orman Şurası’nda açıklanan 2020 yılına ait verilere göre ise basınçlı sulamanın alan bazında kullanımı %38’e (damla %17 ve yağmurlama %21) yükselmiştir. Buna göre son 20 yılda basınçlı sulama yöntemlerinin kullanımı teşvik ve hibelerin etkisiyle iki katından daha fazla artmıştır. Ayrıca Şura’da halk sulamalarında ve Devlet Su İşleri dışındaki diğer kamu kurumları tarafından geliştirilen sulama sahalarında uygulanan sulama yöntemlerine ilişkin veri olmadığı da belirtilmiştir (TOB, 2020). Bu duruma bağlı olarak alan bazında kullanılan sulama yöntemleri ile ilgili net bir değerlendirme yapabilmek mümkün değildir.



Şekil 1. Ülkemizde alan bazında kullanılan sulama yöntemlerinin süreç içindeki değişimi (TOB, 2020).

Geleneksel yüzey sulama uygulamalarına kıyasla basınçlı sulama sistemlerinde, bitkilerde verim azalmasına sebep olmadan ve topraktaki nem eksikliğinden kaynaklanan stresi yaratmadan sulama yapmak mümkündür. Sistem ayrıca bitki besin maddelerini sulama suyu ile birlikte bitkinin istediği miktarda ve zamanda etkin bir biçimde uygulama olanağı sağlamaktadır. Sulama suyu sık aralıklarla verildiğinden her sulamada uygulanan sulama suyu miktarı görece daha az olmakta, genel olarak, alanın tamamı yerine sadece kök sisteminin geliştiği ortam ıslatılmaktadır. Sonuç olarak bu durum, tarımsal amaçla tüketilen sudan ciddi olarak su tasarrufu yapma olanağı vermektedir (Yıldırım, 1993; Nalbantoğlu, 2014).

Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi Uygulama Rehberi

Yukarıda da değinildiği gibi; basınçlı sulama uygulamalarını tarla düzeyinde artırmaya yönelik olarak, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında “Bireysel Sulama Sistemlerinin

Desteklenmesi” ile ilgili de hibe yoluyla destek verilmektedir. Bunun için her yıl güncellenen uygulama rehberi yayınlanarak tüm süreç boyunca izlenecek yola ilişkin açıklamalar yapılmaktadır. Bu açıklamaların bir özeti aşağıda verilmiştir.

Örneğin 2022 yılında yayınlanmış olan uygulama rehberinde; başvuru sahiplerinin öncelikle Bakanlık tarafından oluşturulan Çiftçi Kayıt Sistemine (ÇKS) kayıtlı olmaları ve başvuru yapılacak arazide yeterli su kaynağı bulunması istenmektedir. İlgili laboratuvar veya kurumlar tarafından yapılmış sulama suyu ve toprak fiziksel analiz (solma noktası, hacim ağırlığı, bünye sınıfı, tarla kapasitesi, infiltrasyon hızı, hidrolik iletkenlik bilgilerini içeren) raporları başvuru ile beraber ortaya konulmalıdır. İnfiltrasyon hızı için 50 dekar kadar olan alanlarda laboratuvar tarafından onaylanmak şartıyla, hidrolik iletkenlik ve/veya bünyesine uygun olmak koşulu ile belirlenmelidir. 50 dekarın üzerinde olan alanlarda ise arazi koşullarında infiltrasyon testi yapılmalıdır. Toprak analizlerinde parsel numaraları, su analizlerinde ada, kaynak adı, mevkisi veya parsel numarası belirtilmelidir. Analiz raporlarının geçerlilik süresi ise 5 yıldır. Başvuruda bulunanların boru cinsi, boru çapı, basınç sınıfı (16 mm çapındaki damla sulama borusu en az 2 atm basınca 20 mm çapındaki damla sulama borusu ise en az 3 atm basınca dayanıklı olmalı), et kalınlığı (16 mm çapındaki damla sulama borusu için en az 1 mm, 20 mm çapındaki damla sulama borusu için en az 1.1 mm olmalı), damlatıcı debisi, damlatıcı aralığı bilgilerinin teknik şartname olarak hazırlanması istenmektedir. Damla sulama boruları antisifon özelliğine sahip olmalıdır. Sulama suyu kalitesi $T_1A_1(C_1S_1)$, $T_1A_2(C_1S_2)$, $T_2A_1(C_2S_1)$ ve $T_2A_2(C_2S_2)$ sınıflandırması içerisinde olmalıdır. Hareketli sulama sistemlerinin ihtiyaç duyduğu alan büyüklüklerinin ise; lineer (doğrusal hareketli) ve center pivot (dairese hareketli) sistemlerinde sistemin çalışacağı arazi büyüklüğüne göre tek parselde 20 dekar ve üzerinde olması gereklidir. Yine bu sistemler için seçilen makineye ait öngörülen modelin katalogunda belirtilen ıslatma çapından az olmamasına yönelik kanıt sunulmalıdır. Sistemlerin en boy oranının da 1/1.5’den fazla olamamasına dikkat edilmelidir. Makine ile taşınan hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin kataloglarında belirtilen üst limiti geçmemek şartı ile toprak işlemeli tarım yapılan alanlarda %12’nin üzerinde, toprak işlemez tarım yapılan alanlarda %18’in üzerinde eğim olmamalıdır (TOB, 2022).

Ayrıca uygulama rehberinde bu süreçte yapılması gereken diğer prosedürler de belirtilmiştir. Ancak proje kriterlerinin netliği açısından bazı eksiklikler göze çarpmaktadır. Bu durum Mülga Kalkınma Bakanlığı (MKB) tarafından 2016 yılında düzenlenen Basınçlı Sulama Sistemi Destekleri Çalıştay Raporu’nda da katılımcılar tarafından belirtilmiştir. Rapora göre Kırsal Kalkınma Yatırımlarını Destekleme Programı (KKYDP) kapsamında bireysel sulama sistemlerinin desteklenmesi ile ilgili olarak çeşitli sorunlar tespit edilmiş ve bunlara yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Buna göre basınçlı sulama sistemine destek verilirken sulama projelerinin ne şekilde olacağına dair “Uygulama Rehberi” ile birlikte ayrıntılı “Proje Hazırlama Rehberi” çıkartılması gerekliliği ortaya konmuştur (MKB, 2016). Ayrıca konu ile ilgili çeşitli kaynaklarda sulama sistemlerine yönelik olarak eğitim ve teknik destek hizmeti verilmediği de belirtilmektedir (MKB, 2016; Doğan ve Cengil, 2019; Yolal ve Değirmenci, 2020).

Bir basınçlı sulama sisteminin başarısı ilk olarak uygun sulama yöntemi seçimine sonra yöntemin tekniğine uygun projelenmesine ve sistemin işletilmesine bağlı olmaktadır (Yıldırım, 2013). Mevcut koşullara uygun yapılmayan sulama sistemlerinde istenilen verim miktarına ulaşılamamaktadır. Hatta bu durum bölgede yüzey

sulama ile üretim yapan çiftçilere göre daha az verim alınmasıyla sonuçlanabilmektedir. Bu durum doğru projellemenin önemini ortaya koymaktadır (Kodal, 2011). Sonuç olarak basınçlı sulama sisteminin uygun projelenmesi başarısını etkileyen ana faktörlerden biridir (Demircioğlu ve Çakmak, 2016). Ayrıca uygulama rehberinde, sulamanın verimliliğini ve hibelerin başarısını artıracak eğitimlerden, teknik desteklerden ve sulamanın programlamasından bahsedilmemiştir.

Basınçlı Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Türkiye’de kısıtlı olan tatlı su kaynaklarının kullanımında daha az su, iş gücü ve enerji kullanımını sağlayan doğru projelendirilmiş basınçlı sulama sistemlerinin uygulamaya konulması, tarımsal üretimimizin sürdürülebilir ve daha istikrarlı olması adına çok önemlidir (Nalbantoğlu, 2014). Konu ile ilgili Türkiye’nin çeşitli yerlerinde kurulan basınçlı sulama sistemlerinin değerlendirilmesi ile ilgili birçok bilimsel ve akademik çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular basınçlı sulama sistemlerin ne kadar etkin ve verimli çalıştığına dair fikir vermektedir. Ayrıca ülke genelinde konu ile ilgili yapılması gereken iyileştirmeler konusunda da yol gösterici olabilmesi açısından bu çalışmaların önemli olduğu düşünülmektedir.

Türkiye çapında seçilen illerde basınçlı sulama hibeleri ile ilgili gerçekleştirilen çalışmada, damla sulama proje ve uygulamalarında karşılaşılan sorunlar; uygun boru çapının seçilmemesi ve boruların üretiminden kaynaklı hatalı çıkması, montaj aşamasında teknik açıdan uygun olmayan ekipmanların kullanılması ve yüksek elektrik fiyatları olarak saptanmıştır. Projelerin genel olarak teknik açıdan yetersiz ve yanlış projeler olduğu bildirilmiştir. Tesis edilmiş sulama sistemlerinde fazla ya da gereksiz malzeme kullanıldığı gözlenmiş, uygulamalarda hatalı montajların yapıldığı belirlenmiştir. Sulama sistemi araziye uygulandıktan sonra teknik destek ve bakım hizmeti verilmemesinin de belirtilen olumsuzlukların etkisinin artmasına neden olduğu görüşü ortaya konulmuştur (Demircioğlu ve Çakmak, 2016).

Çankırı ilinde yapılan bir çalışmada kırsal kalkınma yatırımları kapsamında basınçlı sulama sistemlerine verilen destek kredileri değerlendirilmiştir. Hazırlanan projelerin araziye uygulanması sırasında kurumların izleme ve denetim yapmadıkları, bunun sonucunda çiftçilerin hatalı projelendirme sorunları yaşadıkları tespit edilmiştir. Ayrıca çiftçilerin verilen %50 hibe desteğini yetersiz bulmaları yanı sıra mevsimsel olarak zamanlama ve prosedür ile ilgili sorunlar yaşadıkları bildirilmiştir (Doğan ve Cengil, 2019).

Yozgat ilinde basınçlı sulama sistemleri kurulumunda yararlanılan hibe desteklerinin değerlendirildiği çalışmada sistem unsurlarına dönük problemler tespit edilmiştir. Buna göre sulama suyunun temin edildiği gölet ve kanallardaki suyun kalitesinin istenen düzeyde olmadığı ve filtre kullanımına dikkat edilmediği saptanmıştır. Bu durum, tıkanmalara sebep olarak hibe destekleriyle kurulan sulama sistemlerinin verimini düşürmüştür. Ayrıca çiftçilere düşük kalitede ve düşük maliyetli sulama sistemlerinin satılmasından kaynaklı, bozuk ve kusurlu alet- ekipmanlardan istenilen verim sağlanamadığı ifade edilmiştir. Basınçlı sulama sistemlerinin bakım ve onarımı konusunda ise teknik açıdan ve yedek parça temini konusunda sıkıntı yaşandığı gözlemlenmiştir (Yolal, 2019).

Bireysel sulama desteklemelerinin çiftçiler tarafından değerlendirilmesi Edirne de yapılan bir çalışma ile ele alınmıştır. Buna göre çiftçilerin bireysel sulama sistemlerini destekleme uygulamalarının amacı ve başarısı ile ilgili düşünceleri; ekipmanlar, destek uygulama aşamaları, desteklemenin etkinliği ve desteğin bölgeye katkısı olmak üzere dört başlıkta ele alınmıştır. Çiftçilerin diğer çalışmalardan farklı olarak destek ile alınan ekipmanın satış sonrası servis hizmetleri, fiyatı ve kalitesi ile ilgili konular dikkate alındığında genelde memnun oldukları saptanmıştır. Bireysel sulama desteği uygulamasının çiftçiler tarafından memnuniyeti yüksek, devam etmesi istenen bir destekleme aracı olarak kabul edildiği bildirilmiştir. Çiftçiler ayrıca desteklemenin devam etmesi, desteğin konu itibarıyla yaygınlaştırılması ve verilen destek miktarının artırılmasına yönelik ifadeler de kullanmışlardır. Bununla birlikte desteğin uygulanması aşamasında hibe ödemelerinin düzenli yapılması ve destek için verilen yatırım süresinin uygunluğu konusunda kararsız oldukları sonucuna varılmıştır. Çiftçiler desteğin bölgenin ekonomik gelişimine olumlu olarak yansıdığı görüşündedirler (Aydın ve ark., 2019).

Afyonkarahisar-Sandıklı Ovasında kullanılmakta olan yağmurlama sulama sistemlerinde gerçekleşen destekleme sonrası uygulama sorunlarının araştırılması sonucunda; eş su dağılımı ve yük kayıpları açısından sulama sistemlerinin kurulum ve işletme projelerinin hatalı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum özellikle yağmurlama sulama projelerinde yük kayıpları ve eş su dağılımı hesaplamalarına dikkat edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Bakbak, 2018).

Osmaniye İlinde gerçekleştirilen bir çalışmada ise yerfıstığı sulamasında kullanılan yağmurlama sulama sistemleri değerlendirilmiştir. Buna göre yapılan arazi incelemelerinde ve çiftçilerin beyanlarında suyunun bitkilere eşit miktarda uygulanmasında en önemli faktörlerden biri olan başlık tertibine bağlı olarak arazide bitkilere homojen miktarda su uygulandığı görülmüştür. Ayrıca yapılan çalışmada çiftçilerin üretim yaptıkları tarım arazilerinin toprak özellikleri hakkında %60 oranında bilgi sahibi oldukları saptanmıştır. Ancak sulamayı ilgilendiren tarla kapasitesi, kullanabilir nem kapasitesi, solma noktası gibi toprak fiziksel özelliklerinin neler olduğunu bilmediklerini ifade etmişlerdir (Bilaloğlu, 2020).

Basınçlı Sulama Sistemlerinde Eğitim ve Teknik Desteklerin Değerlendirilmesi

Özellikle son yıllarda, hibe ve teşvik programları uygulama rehberinde belirtilen koşulları sağlayan birçok çiftçimiz, basınçlı sulama sistemleri için ayrılan ödenekten yararlanmaktadır. Ancak, program kapsamında araziye kurulumu yapılan basınçlı sulama sistemleri ile ilgili olarak, bölgelere göre değişmekle birlikte, çiftçilerle yapılan görüşmeler sonucunda eğitim ve teknik desteklerin yeterli olmadığı görüşü çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuş ve bazılarında bu çalışma kapsamında yer verilmiştir.

Gerçekleştirilen bir çalışmada, Türkiye genelinde seçilmiş 11 ilde Ziraat Bankasının basınçlı sulama destek sistemi değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; basınçlı sulama sistemleri kurulduktan sonra çiftçilere eğitim verildiği belirtilmiş ancak bu eğitimlerin süresi ve yeterliliği konusunda bilgi verilmemiştir. Çiftçiler basınçlı sulama ile ilgili eğitim çalışmalarında yer almak istediklerini ifade etmişler, fakat bu çalışmaların sadece kapalı sınıf veya kahvehane benzeri ortamlarda değil, tarlada uygulama şeklinde olmasını istemişlerdir. Ayrıca

eğitimlerde çiftçilere bilgisayar destekli görsel ve sözlü anlatım tekniklerinin kullanılması yoluyla aktarılan bilgilerin daha kalıcı olacağı yorumları yapılmıştır (Demircioğlu ve Çakmak, 2016).

Aydın İlinde yapılan bir çalışmada, yüzey sulamadan basınçlı sulamaya geçiş döneminde proje paydaşları tarafından çiftçilere sulama konusunda teorik ve uygulamalı eğitim verilmediği belirlenmiştir. Bunun sonucunda da parsel içi damla sulama sistemini hatalı döşeyip değiştirenlerin oranı %22 olarak saptanmıştır (Nalbantoğlu, 2014).

Konya İlinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise çiftçiler ile yapılan anket ve görüşmeler sonucunda, %90'nının sulama ile ilgili herhangi bir seminere veya eğitime katılmadıkları gibi %93'ünün de, toprak-su ilişkileri anlamında en temel kavramlardan biri sayılabilecek, toprağın faydalı su kapasitesi hakkında bilgi sahibi olmadıkları belirlenmiştir (Kaya, 2017).

Edirne'de gerçekleştirilen çalışmada çiftçilerin proje hazırlama aşamasında karşılaştıkları sorunlar; bürokratik işlemler, proje danışmanı ve başvuru işlemleri olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır. Çiftçiler proje danışmanı ve proje mühendisi ile iletişimde sorun yaşamadıklarını bildirmekle birlikte, daha fazla bilgilendirme talebinde bulunmaktadır. Bu durum eğitim ile ilgili genelde eksikliklerin bulunduğu ve bu eksikliklerin giderilmesinin sistemden beklenen yararın sağlanmasında önemli ölçüde etkisinin olduğu vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, teknik elemanların veya proje mühendislerinin proje hazırlama dokümanları ve diğer destekleme konularında uygulayacakları eğitim programı ile daha fazla bilgilendirmede bulunmalarının hibe projelerinin daha sağlıklı yürütülmesine olumlu katkı sağlayabileceği tespit edilmiştir (Aydın ve ark., 2019).

Aşağı Seyhan Ovasında açık ve kapalı sulama sistemlerinin üreticiler tarafından değerlendirilmesi kapsamında çiftçilerin sulama sistemleriyle ilgili eğitim durumları sorgulaması sonucunda, sadece %14.7'sinin sulama ile ilgili herhangi bir eğitime katıldığı ve hepsinin de eğitimleri faydalı bulduğu olgusuna ulaşılmıştır. Ortalama eğitim süresinin ise 1.5 gün olduğu belirtilmiştir. Ayrıca sulama eğitimine katılım ile eğitim seviyesi arasında ilişki olduğu saptanmış, genellikle üniversite diplomasına sahip olan çiftçilerin bu tarz eğitimlere daha çok katıldığı belirtilmiştir. Suyun önemi, sulama yönetimi ve modern sulama teknikleri hakkında bilgilerin verildiği bu eğitimler; üniversitelerde, sulama birliklerinde ve Tarım ve Orman İlçe Müdürlüklerinde gerçekleştirilmiştir (Salabgir, 2020).

Bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere uygulama alanları giderek artan basınçlı sulama sistemleri ile ilgili sorunların çok boyutlu olduğu, sadece hibe ve teşvik programlarının çözüme yönelik konulara ilişkin tek başına istenilen sonucu vermesinin mümkün olmadığı görülmektedir. Hedeflenen başarının sağlanabilmesi için çiftçi düzeyinde sulama eğitimlerinin gerçekleştirilmesi koşulu, sonucun olumlu olarak yansımaya adına önemli bir etkiye sahiptir. Gerçekleştirilen eğitimlerin başarısını artıracak temel unsur ise program içeriğinin daha pratik ve alana uygulanabilir konuları kapsamaya gerekliliğidir. Bu konuda çiftçilere yol gösterecek Tarımsal Yapılar ve Sulama mezu Ziraat Mühendislerinin istihdamının artırılmasının eğitim ve teknik destek konusunda yaşanabilecek aksaklıkların önüne geçmesi açısından kilit bir rol oynayacağı söylenebilir.

Yatırım Miktarları

Ülkemizde su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemlerinin Kırsal Kalkınma Yatırım Destek Programı (KKYDP) ile desteklenmesi çalışmalarına 2006 yılından bugüne devam edilmektedir. KKYDP verilerine göre 2006-2017 döneminde 81 ilde; toplu basınçlı sulama sistemi destekleri kapsamında 16 373 adet projeye 333 milyon TL hibe desteği sağlanmıştır (MKB, 2018). Kırsal Kalkınma Destekleri kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi çerçevesinde, 69 ilde 9 091 proje için 199 milyon TL hibe ödemesi yapılarak 864 bin dekar basınçlı sulama sistemi kurulumu sağlanmıştır. Sulama Sistemleri Daire Başkanlığı tarafından ayrıca, bireysel basınçlı sulama sistemleri yatırımları için toplamda 26 081 adet yatırıma karşılık 456 milyon TL hibe ödemesi gerçekleştirilmiştir (TOB, 2019). KKYDP desteklemeleri ile toplam 9 016 adet proje için hibe desteği verilmiştir. 969 520 dekar alanın modern sulama sistemlerine geçişi sağlanmıştır (TOB, 2020). TOB tarafından yayınlanan 2020 yılı faaliyet raporunda önceki raporlarda olduğu gibi proje adedi ve alanı sunulmamıştır. Bu program kapsamında; kırsal kalkınma, IPARD eş finansman ve uzman eller projeleri için toplam 813 063 586 TL hibe desteği verildiği bilgisi mevcuttur (TOB, 2021).

Tarımda sulama randımanı artırılması konusunun öncelikli olduğu on birinci beş yıllık kalkınma planı raporunda; Türkiye’de arazi ıslahı, arazi toplulaştırması çalışmaları ile birlikte sulama alt yapısı ve modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmaların devam edeceği bildirilmektedir (SBB, 2019).

Sonuç

Yukarıda özetlendiği gibi, su kaynaklarımızın kendisini tehdit eden etmenlere karşı korunması ve sürdürülebilir olmasına yönelik olarak Tarım ve Orman Bakanlığı her yıl KKYDP kapsamında bireysel sulama destekleri vermektedir. Bununla ilgili yine Bakanlık tarafından hazırlanan ve her yıl yayınlanan bir uygulama rehberi bulunmaktadır. Ancak uygulama rehberinde proje hazırlama ile ilgili ayrıntılı bilgilerin, teknik anlamda açıklamaların ve hedef kitleye yönelik eğitimlerin olmaması veya yetersiz olması uygulamada sorunlara neden olmaktadır. Bu durum desteklemelerin başarı oranını düşürerek su tasarrufu konusunda istenilen sonucun alınamamasına neden olmaktadır.

Bununla birlikte; belli bir bölge ve bitki için sulamanın programlanması konusunda özellikle üç temel soruya (Hangi yöntem? Ne zaman? Ne kadar?) sırayla ve doğru cevap verilmesi, kurulacak olan basınçlı sulama sistemlerinin başarısını daha da arttıracaktır. KKYDP Uygulama Rehberinde toprak ve sulama suyunun bazı özelliklere kısmen değinilmekte, ancak bitki, iklim, sosyo-kültürel yapı gibi özelliklere değinilmemektedir. Sadece bilgi formu ve bireysel sulama disposizyonu kısmında toprak, bitki, sulama suyu kaynağı, boru özellikleri gibi bilgiler istenmekte, buradaki bilgilerin amaca en doğru şekilde hizmet edebilmesi için gerekli kriterler belirtilmemektedir. Bu kriterler belirtildiğinde daha adil ve daha güvenilir sonuçların ortaya çıkması daha mümkün hale gelebilecektir. Ülkemizin çeşitli toprak yapılarına ve iklim koşullarına sahip olduğu da düşünülürse her bölge için o bölgenin yapısına özgü kriterlerin belirlenmesi bakımından bu konudaki yarar daha

da arttırılabilir. Böylelikle, destekleme yapılan sulama sistemlerinin performansı daha da yüksek olacaktır. Bu şekilde davranılarak örneğin, damla sulama yönteminde; damlatıcı aralıkları ve debileri, lateral aralıkları ve çapları, manifold ve ana boru çapları ile sistem denetim birimi unsurlarına ilişkin kararlar daha sağlıklı hesaplanarak alınabilir. Benzer durum, hibe desteği verilen, yağmurlama, mikro yağmurlama, yüzey altı damla, doğrusal veya dairesel hareketli ve tamburlu sulama sistemleri için de geçerlidir.

Tarımsal desteklemeler ülke tarımının kalkınması ve gıda güvenliği açısından çok önemlidir. Ancak uygulama aşamasında ortaya çıkan sorunların giderilmesine yönelik bilimsel çalışmaların yapılması ve sonuçlarının da sahada somut olarak hayata geçirilmesi ile bu desteklemelerin etkinliğinin artması mümkün hale gelecektir. Böylelikle toprak ve su kaynaklarımızın sürdürülebilirliği sağlanarak, gelecek nesillere daha yeterli ve sağlıklı bir şekilde aktarılması amacı gerçekleştirilebilir.

Teşekkür Bilgi Notu

Hazırlanan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale yayın ve araştırma etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Umut SUZAN, Hatice GÜRGÜLÜ ve Mehmet Ali UL literatür taraması ve makale yazımında görev almıştır. Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynakça

- Aküzüm A., Selenay F., Çakmak B. 2010. Sulama yönetimi ve sürdürülebilir su kullanımı, 1. Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 27-29 Mayıs, 2010, Kahramanmaraş.
- Anonim 2022. Son dakika haberler: Türkiye'nin nüfusu 84 milyon 680 bin 273 kişi oldu, <https://www.haberturk.com/son-dakika-turkiye-nin-nufusu-belli-oldu-3334934-ekonomi>, (Erişim tarihi: 02.25.2022).
- Aydın, B., Öztürk O., Özkan E., Özer, S., Çebi, Ü. 2019. Damla sulama desteklerinin üreticiler tarafından değerlendirilmesi: Edirne İli örneği, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1):57-67.
- Bakbak, F. 2018. Afyonkarahisar – Sandıklı Ovası yağmurlama sulamalarında uygulama sorunları, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.
- Bilaloğlu, İ. 2020. Osmaniye İli Kadirli İlçesi çevresinde yerfıstığı sulamasında kullanılan yağmurlama sulama sistemlerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.
- Candemir, S., Aydın, B., Uysal, O., Aytıp, Y. 2021. Dane mısır üretimi yapan işletmelerin damla sulama desteklemelerinden faydalanma durumunu etkileyen faktörler, *ADÜ Ziraat Dergisi*, 18(2):165-170.

- Çetin, Ö., Eylen, M., Sönmez, K., F. 2010. Basınçlı sulama sistemlerinin su kaynaklarının etkin kullanımındaki rolü ve mali desteklerin bu sistemlerin yaygınlaşmasındaki etkisi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2):53-57.
- Demircioğlu, M., Çakmak, B. 2016. Ziraat Bankasının basınçlı sulama destek sisteminin değerlendirilmesi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3):181-188.
- Doğan, T., Cengil B. 2019. Çankırı İli kırsal kalkınma yatırımları kapsamında basınçlı sulama sistemleri destek kredilerinin değerlendirilmesi, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5(1):1-6.
- Ersöz, Ö. T. ve Çamoğlu, G. 2020. Bursa İli Sulama Birliklerinin Performans Göstergelerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2):267-285.
- Kaya, N., Çiftçi, N. 2017. Sulama birliklerinin tarımsal sulama işletmeciliğindeki rolü, Konya-Çumra Sulama Birliği örneği, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5(2):45-57.
- Kodal, S. 2011. Damla sulama projelerinin kontrolü, Tarım Kredi Kooperatifleri, Aksaray.
- Korkmaz, V. 2015. Tarım ürünlerini destekleme politikaları: Türkiye ve AB karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı.
- Mülga Kalkınma Bakanlığı (MKB) 2016. Basınçlı sulama sistemi destekleri çalıştay raporu, Konya Ovası Projesi Tarımsal Eğitim ve Yayım Projesi.
- Mülga Kalkınma Bakanlığı (MKB) 2018. On birinci kalkınma planı (2019-2023), Kırsal Kalkınma, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Nalbantoğlu, A. 2014. Aydın bölgesinde yüzey sulama sisteminden toplu basınçlı sulama sistemine geçilen arazilerde sulama uygulamalarının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.
- Salabğir, S. 2020. Aşağı Seyhan ovasında açık ve kapalı sulama sistemlerinin üreticiler tarafından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.
- Sever, C., Y. 2018. Hedef basınçlı sulama sistemi kullanımını yüzde 60'a çıkartmak, [http://www.turktarim.gov.tr/Haber/44/hedef-basincli-sulama-sistemi-kullanimini-yuzde-60acikartmak#:~:text=Yine%20DS%C4%B0%20verilerine%20g%C3%B6re%20T%C3%BCrkiye,ya%C4%9Fmurlama%20y%C3%BCzde%202019\)%20ile%20sulama%C4%B1yor,\(Erişim+Tarihi:+10.02.2022\).](http://www.turktarim.gov.tr/Haber/44/hedef-basincli-sulama-sistemi-kullanimini-yuzde-60acikartmak#:~:text=Yine%20DS%C4%B0%20verilerine%20g%C3%B6re%20T%C3%BCrkiye,ya%C4%9Fmurlama%20y%C3%BCzde%202019)%20ile%20sulama%C4%B1yor,(Erişim+Tarihi:+10.02.2022).)
- Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) 2019. On birinci kalkınma planı.
- Şahin, M. 2001. Konya İli Çumra İlçesinde uygulanan sulama yöntemlerinin tarımsal yayım açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) 2019. Faaliyet raporu.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) 2020. Faaliyet raporu.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) 2020. Tarım orman şurası tarımsal sulama ve su yönetimi çalışma belgesi.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) 2021. Faaliyet raporu.

- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) 2022. Kırsal kalkınma destekleri kapsamında bireysel sulama sistemlerinin desteklenmesi (uygulama rehberi), Sulama Sistemleri ve Tarımsal Altyapı Hizmetleri Daire Başkanlığı.
- Ülger, P. 2015. Avrupa Birliği sürecinde Türkiye tarımının özellikleri ve sorunları, *Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye Tarımının Özellikleri ve Sorunları - Agro World Tarım Dünyası Dergisi* (agroworlddergisi.com) (Erişim Tarihi: 02.02.2015).
- Yeğenağa, T. 2009. Dünyada tarım sektörü ve Türkiye’de durum: Türkiye’de tarım sektörünün karşılaştığı problemler ve sektörü geliştirmenin yolları, www.granpak.com/tr/pdf/DTSTD-Turgut_Yegenaga.doc, (Erişim Tarihi: 11.10.2014).
- Yıldırım, O. 1993. Bahçe bitkileri sulama tekniği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1281, 241 s., Ankara.
- Yıldırım, O. 2013. Sulama sistemlerinin tasarımı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1594, Ankara.
- Yolal, A., K. 2019. Basınçlı sulama sistemleri hibe destek uygulamalarının değerlendirilmesi: Yozgat İli örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.



Alternaria Mikotoksinleri ve Önemi^A

Berna TUNALI¹, Yeter KÜÇÜKTOPÇU¹, Nazlı TUNALI²,
Songül ERKEN MERAL³, Seçil EKER⁴, Bayram KANSU^{5*}

Öz: *Alternaria*, dünyada yaygın olarak görülen önemli bir fungus cinsi olup Ascomycota bölümü, Dothideomycetes sınıfı, Pleosporales takımı ve Pleosporaceae familyasında yer almaktadır. *Alternaria* cinsi içerisinde, saprofitik, endofitik ve patojenik türler yer almaktadır. Patojen türler arasında ise bitki patojenleri, hasat sonrası patojenler veya insan patojenleri de bulunmaktadır. *Alternaria* spp. alternariol (AOH), alternariol monometil eter (AME), tenuazonik asit (TEA), altenuen (ALT) ve alvertoksin (AT) gibi önemli bazı mikotoksinleri üretmektedir. Mikotoksinler, insan besin zincirine çeşitli şekillerde girebilmekte, birçok farklı gıda ve hayvan yemi ürününde bulunabilmektedir. Bu mikotoksinler, insanlar, memeliler ve diğer hayvanlar tarafından ağız yoluyla alınırsa, mikotoksikoz adı verilen toksik bir tepkiye neden olabilmektedir. Birçoğunun kanserojen olduğu bilinmektedir. Diğerlerinin de cilt hassasiyetinden immün yetmezliğe kadar değişen nörotoksikolojik etkilerle birlikte karaciğer veya böbrek fonksiyonunun bozulması gibi insanlarda çeşitli farklı tepkiler ortaya çıkardığı gösterilmiştir. *Alternaria* spp., özellikle su aktivitesi (a_w), sıcaklık ve pH gibi abiyotik faktörlerden etkilenmektedir. Literatürdeki çalışmalara göre bazı tahıl taneleri dahil sorgum, pamuk tohumu,

^A Bu çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ⁵Bayram KANSU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 55100 İlkadım/Samsun, bayramkansu@omu.edu.tr, **OrcID:** 0000-0001-5663-0528

¹ Berna TUNALI, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Atakum/Samsun, btunali@omu.edu.tr, **OrcID:** 0000-0003-2798-0777

¹ Yeter KÜÇÜKTOPÇU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Atakum/Samsun, ybilgili46@gmail.com, **OrcID:** 0000-0002-2104-5764

² Nazlı TUNALI, Department of Psychiatry, Indiana University, USA, nazlicandemir@gmail.com, **OrcID:** 0000-0002-6293-8630

³ Songül ERKEN MERAL, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Bölümü, Tekkeköy/Samsun, songul.erken@tarimorman.gov.tr, **OrcID:** 0000-0002-2183-3269

⁴ Seçil EKER, Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Altınordu/Ordu, secileker@odu.edu.tr, **OrcID:** 0000-0002-5409-6226

domates ve soya fasulyesi gibi farklı substratlar fungusun çoğalması ve toksin üretimi ile ilişkilendirilmiştir. *Alternaria* toksinlerinin incelenmesinde ELISA, sıvı kromatografi ve PCR temelli analizler en kullanışlı yöntemler olarak görülmektedir. Bu derleme, *Alternaria* türlerinin önemini, ekolojilerini, mikotoksin üretimi ve sıcaklıklardaki etkileri ile mikotoksin analiz metodlarını içermektedir. Derleme özellikle, *Alternaria* türlerinin oluşturdukları mikotoksinler hakkında genel bir bilgi sunmak ve önemine dikkat çekmek amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Alternaria* türleri, mikotoksin, insan sağlığı, kromatografi, inceleme.

***Alternaria* Mycotoxins and Their Importance**

Abstract: *Alternaria*, which are an important genus of fungi that are ubiquitous in the environment, belongs to the Ascomycota division, Dothideomycetes class, Pleosporales order, and Pleosporaceae family. The *Alternaria* genus includes saprophytic, endophytic, and pathogenic species, whereas the pathogenic species include plant, post-harvest, and human pathogens. *Alternaria* spp. produce some important mycotoxins such as alternariol (AOH), alternariol monomethyl ether (AME), tenuazonic acid (TEA), altenuene (ALT) ve altertoxin (AT). These mycotoxins can gain access to the human food chain and exist in many different food products and forage. When ingested orally by humans, mammals, or other animals, these mycotoxins may cause mycotoxicosis, which is a toxic reaction. Many of these mycotoxins are known to be carcinogenic, while some others are shown to disrupt liver and kidney functions as well as have neurotoxicological effects ranging from skin hypersensitivity reactions to immunologic deficiency syndromes. *Alternaria* spp. can get affected by abiotic factors such as water activity (a_w), temperature, and pH. In literature, many crops including sorghum, cotton, tomato, and soya beans, have been related the conditions that result in fungi to reproducing and producing toxins. The most effective methods established for analyzing the *Alternaria* toxins are ELISA, liquid chromatography, and PCR-based methods. This review includes the importance of *Alternaria* spp., their ecologies, mycotoxin production and their effect on the homeotherms, and the methods for analyzing mycotoxins. It is specifically aimed to highlighting the importance and providing a general knowledge of producing mycotoxins that *Alternaria* spp.

Key words: *Alternaria* spp., mycotoxin, human health, chromatography, detection.

Giriş

Mikotoksinler, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Claviceps* gibi fungus cinslerinin sekonder metabolizması sonucu oluşan düşük molekül ağırlığına sahip bileşiklerdir. Bu bileşikler insan ve hayvan sağlığı üzerinde çeşitli toksik etkiler oluşturmaktadır. Mikotoksinleri üreten funguslar, rüzgâr ve hava yardımıyla taşınarak her yerde (atmosferin çeşitli katmanları gibi) bulunabilirler. Mikotoksin varlığı iklim koşullarına,

ürünün cinsine, coğrafi konuma, mevsime ve yıldan yıla farklılık gösterebilmektedir. Dünyadaki ürünlerin %25-50'nin mikotoksin/mikotoksinler (Çizelge 1.) ile bulaşma riskinin olduğu bildirilmiştir (Mannon ve Johnson, 1985; Charmley ve ark., 1995; Steyn ve Stander, 1999).

Mikotoksinlerin insanlar üzerindeki etkilerini net olarak söyleyebilmek mümkün değildir. Mikotoksinlere ait toksisite çalışmaları daha çok ördek yavruları ve fareler gibi deney hayvanları kullanılarak yapılmaktadır (Tunail, 2000). Doğadan, tarımsal ürün ya da mamül gıdalardan izole edilerek laboratuvar koşullarında geliştirilen *Alternaria* cinsine ait izolatların, sıçanlarda (Sauer ve ark., 1978), tavuk embriyosunda (Griffin ve Chu, 1983) ve insan hücrelerinde yapılan çalışmalarda (Tunail, 2000; Ostry, 2008) toksik olduğu belirlenmiştir.

Canlıların maruz kaldığı mikotoksin dozuna bağlı olarak iki farklı etki görülebilmektedir. Yüksek dozda alındıklarında akut toksik etki meydana gelir ve gıda ya da yemin tüketilmesinin ardından kısa sürede ölüm görülebilmektedir. Daha düşük dozların uzun süre alınmaları sonucunda ise kronik hastalıklar görülmektedir. Bunlar; özellikle karaciğer, böbrek gibi organlarda hastalıklar, dejenerasyonlar, bağışıklık sisteminde bozukluklar, kusurlu ve eksik organ oluşumları, deri nekrozları, üremede azalma ve kilo kaybı gibi sorunlardır (Newberne ve Butler, 1969; Smith ve ark. 1995; Freire ve Rocha, 2017).

Çizelge 1. Gıda ve yemlerde görülen başlıca mikotoksin üreten cinsler ve ürettikleri mikotoksinler (Tunail, 2000)

<i>Aspergillus</i> toksinleri	<i>Penicillium</i> toksinleri	<i>Fusarium</i> toksinleri	<i>Alternaria</i> Toksinleri
Aflatoksinler	Sitrinin	Zearalenon	Alternariol
Aspertoksin	Okratoksin A	Trikotesenler	Alternariol mono-metil-eter
Sitrinin	Sitreoviridin	Deoksinivalenol	Altertoksin
Sterigmatosistin	Rubratoksin	Nivalenol	Tenuazonik asit
Okratoksin A	Rubratoksin B	Diasetoksisirpenol	Tentoksin
Patulin	Patulin	T-2 toksin	
Penisilik asit	Penisilikasit	HT-2 toksin	
	Luteosikrin	Tremortin	
	İzlanditoksin	Fusarin-C	
	Siklopiazonikasit	Fumonisin B1	
	Sitromisetin	Moniliformin	
	Rugulosin		
	Ksantomegnin		
	Emodin		

***Alternaria* Türlerinin Oluşturduğu Mikotoksinler ve Memeliler Üzerindeki Etkileri**

Bitkilerde fungal kontaminasyonla ilgili iki bin yılı aşkın bir zamana ait kayıtların varlığına rağmen insanlarda mikotoksinlerden kaynaklanan rahatsızlıklar konusunda 1990'lı yıllara kadar bir kayıt bulunmamaktadır. Halk sağlığı açısından ilk kez 1993-1994 yıllarında hastalarda görülen akut solunum rahatsızlıklarının araştırılmasıyla birlikte mikotoksin konusu gündeme gelmiştir (Dearborn ve ark., 1995). Günümüzde mikotoksinler özellikle

gelişmekte olan ülkelerde en önemli besin bulaşanlarından biri olarak düşünülmekte ve mikotoksinlerin risk değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar dünya çapında giderek önem kazanmaktadır (Wang ve ark., 2018).

Alternaria, tanımlaması yapılmış 300 farklı tür ile birçok değişik konukçu bitkiye özelleşme sağlayan ve saprofitik, endofitik ya da patojenik yaşam formları ile konukçuya spesifik olan ve olmayan toksinlere sahip çok önemli bir toksigenik fungus cinsidir (Thomma, 2003; Dang ve ark., 2015; Lee ve ark. 2015; Meena ve ark. 2016). Bu geniş tür dağılımı ile orantılı olarak *Alternaria* türleri tarafından ürettiği tespit edilen 70'den fazla sekonder metabolit tespit edilmekle birlikte, bunlardan çok az sayıdaki toksin günümüzde kimyasal olarak karakterize edilebilmiştir (Barkai-Golan, 2008; Dall'Asta ve ark. 2014). Toksisiteleri bakımından önemli etkiye sahip olan ve en sık tespit edilen *Alternaria* toksinleri, alternariol (AOH), alternariol monometil eter (AME), altertoksinler (ATXs; I, II ve III), altenuene (ALT), tenuazonik asit (TEA), tentoksin (TEN) ve *A. alternata* f. sp. *lycopersici* toksinleridir (AALs) (EFSA, 2011). *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., hem geniş bir biyolojik etkinlik (patojen, saprofit vs.) ve konukçu dağılımı hem de mikotoksin üretimi ve çeşitliliği bakımından en önemli ve yaygın *Alternaria* türüdür. Bunun dışında *A. tenuissima* (Kunze) Wiltshire, *A. brassicae* (Berk.) Sacc., *A. capsici-annui* Svulescu&Sandu, *A. citri* Ellis&N. Pierce, *A. kikuchiana* S. Tanaka, *A. japonica* Yoshii, *A. longipes* (Ellis&Everh.) E.W. Mason, *A. porri* (Ellis) Cif., *A. radicina* Meier, Drechsler&E.D. Eddy ve *A. tomato* (Cooke) L.R. Jones diğer önemli toksigenik türlerdir (Bottalico ve Logrieco, 1998; Logrieco ve ark., 2003; Barkai-Golan, 2008; Pinto ve Patriarca, 2017). *Alternaria* toksin ya da toksinlerinin, hangi tür düzeyinde üretildiği ya da üretilmediği ile ilgili olarak farklı çevresel ve ekofizyolojik koşullar ve konukçu/substrat profilleri ön plana çıkmakla birlikte (bknz: Mikotoksin üretiminin ekolojisi), *Alternaria* spp.'nin morfolojik özellikleri bu konuda yardımcı bir araç haline gelmiştir. Simmons (1992) ile Pryor ve Gilbertson (2000) tarafından büyük (60-100µm) ve küçük (>60 µm) konidi büyüklüğüne sahip *Alternaria* spp.'nin gruplandırması, toksin çeşitlerinin tür düzeyindeki ayrımını kolaylaştırmıştır (Barkai-Golan ve Paster, 2008; Pinto ve Patriarca, 2017; Kaya ve Zorba, 2021).

Bazı *Alternaria* türleri tahıllar, yağlı tohumlular, meyve ve sebzelerde yaygın olarak bilinen siyah nokta/benek, kahverengi leke, *Alternaria* lekesi, yaprak lekesi ve gövde kanseri şeklinde isimlendirilen birçok bitki hastalığının etmenleridir. Patojenik türlerin oluşturduğu bu hastalıklar ve ürettikleri toksinler, hücrelerde mitokondriler, kloroplastlar, plazma membranları, golgi kompleksi, çekirdek vb. gibi hücre metabolizmasında önemli rolü olan yapıları büyük ölçüde etkilemektedirler (Karabulut ve Değirmenci, 2002; Tsuge ve ark. 2013). Özellikle hasat edilmiş tarımsal ürünlerden buğday, arpa, ayçiçeği, soya fasülyesi tohumları ve bunlardan elde edilen hayvan yemleri ile domates, üzüm, çilek, elma ve turunçgil meyveleri hem belirtilen hastalıkların hem de yaygın *Alternaria* toksinlerinin yüksek konsantrasyonlarının tespit edildiği bildirilen ürünlerdir (Logrieco ve ark. 2003; Mujahid ve ark., 2020; Chen ve ark. 2021). Ayrıca bu tarımsal ürünlerden elde edilen işlenmiş gıda ürünlerinin de (Un, şarap, ketçap, ayçiçek yağı vs.) yaygın *Alternaria* toksinlerine sahip olduğu çoğu kez rapor edilmiştir (Logrieco ve ark. 2009; EFSA, 2011; Chen ve ark. 2021). Bazı raporlarda özellikle bebek ve çocukların yukarıda belirtilen riskli gıdalar ile beslenmelerine dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Zhao ve ark. 2015). Yaygın olarak üretilen tarımsal ürünler ve bunlardan elde edilen hayvan yemleri ve insan gıdalarının besin zincirindeki yeri ve önemi göz önüne alındığında, *Alternaria* toksinlerinin önemli bir risk grubunu

oluşturduğu, insan ve toplum sağlığı açısından takip edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Günümüzde *Alternaria* toksinlerini içeren tarımsal ürün ya da gıda maddeleri ile ilgili halihazırda bir düzenleme olmamakla birlikte, Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (EFSA) 2011 yılında *Alternaria* türlerinin ürettiği toksinler ve gıda güvenliği konusunda üye ülkelerden detaylı çalışmalar talep etmiş ve bu rapora göre *Alternaria* toksinlerinin genellikle tahıllarda, domates, ayçiçeği, meyveler, bira ve şarap gibi içeceklerde bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca bazı *Alternaria* toksinleri için toksikolojik etki eşiği (threshold of toxicological concern, TTC) değerleri belirlenmiş ve buna göre AOH ve AME için günlük 2.5 ng kg⁻¹ olarak hesaplanan TTC değeri, TEA ve TEN için günlük 1500 ng kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (EFSA, 2011; Arcella ve ark. 2016). Ayrıca Almanya'nın Bavyera eyaletinin sağlık ve gıda güvenliği kurumu, sorgum ve darı içerikli bebek gıdalarında TEA için 500µg kg⁻¹ bir limit değeri ile sınırlandırma yapıldığını bildirmiştir (Rychlik ve ark. 2016). Mikotoksinler genellikle direkt beslenme yoluyla insan vücuduna girebilmektedir. Ancak bu durum bazen solunum veya temas yoluyla da olabilmektedir. Canlılarda meydana gelen sağlık sorunları bu mikotoksinlerin akut, kronik, kanserojenik veya mutajenik (mutasyona neden olan) etkilerinden dolayı oluşabildiği bildirilmiştir (AlMatar ve ark., 2016). Tüm mikotoksinlerde olduğu gibi *Alternaria* toksinleri için de yaşam alanı ve tüketilen gıda ürünlerindeki *Alternaria* spp.'nin varlığı ile yaygın *Alternaria* toksinlerinin bulaşıklık durumu sağlık problemlerinin ortaya çıkışı ve hastalık süreçlerinin ilerleyişi açısından belirleyici iki önemli noktayı oluşturmaktadır.

Kanada'da yapılan bir çalışmada mekanik havalandırma bulunan ofislerde hava kaynaklı *Alternaria* alerjenleri tanımlanmış, ofiste çalışanların yarısının işle alakalı solunum problemleri yaşadığı rapor edilmiştir. Tüm çalışanlar *Alternaria* alerjenleri için testten geçirilmiş ve sonuç olarak solunum problemleri yaşadığı rapor edilen hastaların test sonuçlarının pozitif olduğu bildirilmiştir (Menzies ve ark., 1998). Yapılan başka bir çalışmada ise *Alternaria* sporlarıyla doğal temasın astım hastalığını tetiklediği gözlemlenmiştir. Orta düzeyde astım hastalığı olan yedi kişi, *Alternaria* sporlarına bronşiyal olarak maruz bırakılmış ve anında astım belirtilerinin ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Licorish ve ark., 1985). Ülkemizde *Alternaria*'nın yaygınlığı ile ilgili yürütülen bir çalışmada ise Tatlıdil ve ark. (2001), Burdur atmosferinde bulunan en yaygın fungal sporların *Cladosporium* ve *Alternaria* cinslerine ait olduğunu ve Burdur atmosferinde yıl boyunca cm² başına 2064'ü *Cladosporium* sp.'ne, 353'ü *Alternaria* sp.'ne ait olan toplam 2417 adet spor saptandığını bildirmiştir. Gürcan ve ark., (2009) immün sistemi sağlam bir konukçuda çok nadir bildirilen *A. alternata* ile oluşan bir deri enfeksiyonu olayını bildirmiştir. Hastanın farklı iki günde alınan deri örneklerinin mikroskopik incelemesinde çok sayıda *Alternaria* sporları ve hifleri olduğu, hazırlanan fungus kültürlerindeki izolatların *A. alternata* olarak tanımlandığı ve bu vakanın ülkemizde immün sistemi sağlam bir konukçuda saptanan ilk alternaryoz durumu olduğu rapor etmiştir. Araştırmacılar ayrıca saprofit olarak bilinen bu fungusların her zaman, her konukçuda enfeksiyon potansiyelinin olduğunu bildirmiştir. Rivoire ve ark. (2001), düzenli sigara içmeyen ve solunum rahatsızlığı olmayan 26 yaşında erkek bir bireyde iş yerinde doğal pamuk tozuna maruz kalmadan sonra akut nefes darlığı geliştiğini ve akciğerde iki taraflı inspiratuar ince raller (bilateral inspiratory fine crackles) saptandığını bildirmiştir. Bronkoalveoler lavaj yapılmış ve lavaj sıvısında *A. alternata* tespit edilirken bu nedenle gözlemlenen belirtilerin iş yerinde hava yoluyla *Alternaria* bulaşıklığına bağlı geliştiği belirtilmiştir.

Alternaria toksinlerinin sıcakkanlılar üzerindeki etki şekilleri farklı şekillerde isimlendirilmekle birlikte, yapılan in vitro deneyler, canlı doku organ ya da sistemlerdeki sonuçları ya da doğal vakalardan elde edilen bulgular ile kanıtlanmaktadır. Buna göre yaygın *Alternaria* toksinlerinden AOH ve AME'nin akut toksisitelerinin fazla yüksek olmamasına rağmen mutajenik etkilerinin daha fazla olduğu (Lehmann ve ark. 2005; Bensassi ve ark. 2012), ATXs'in hem akut toksisite, hem de mutasyon riski taşıdığı (Boutin ve ark. 1989; Fleck ve ark. 2016; Aichinger ve ark. 2018), TEA'nin ise mutasyon özelliği olmamasına rağmen köpekler, tavşan ve civecivlerde toksik etki gösterdiği, farelerde yemek borusu kanseri (özefagus) ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Davis ve ark. 1977; Griffin ve ark. 1983, EFSA, 2011).

Liu ve ark. (1991) ve (1992) tarafından yapılan çalışmalarda Çin'in Linxian Bölgesinde yetiştirilen ve tüketilen tahıllarda *A. alternata*'nın izole edildiğini ve bu türün toksinleri olan AOH ve AME mikotoksinlerinin yemek borusu kanseriyle yüksek düzeyde ilişkili olduğunu bildirmiştir. Diğer bir *Alternaria* mutajenik ve genotoksik mikotoksini olan ATX-II'nin delphinidin isimli bir antosiyanin bileşeni ile arasındaki ilişki araştırılmış ve delphinidin ve diğer antosiyanin bileşenlerinin *Alternaria* mikotoksinlerinin genotoksik etkisinden mideyi koruyabileceği belirtilmiştir (Aichinger ve ark., 2018). Alternariol mikotoksininin konsantrasyona bağlı olarak "Chinese hamster V79" isimli farede yürütülen çalışmada, bu toksinin hipoksantin guanin fosforibozil transferaz ve timidin kinaz enzimleri üzerinde mutajenik etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Brugger ve ark., 2006). Schrader ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ise nitrozilasyonun mutajenik etkisi, önemli *Alternaria* metabolitleri ile birlikte *Salmonella typhimurium* TA98 ve TA100 izolatları kullanılarak araştırılmış ve *Alternaria* sp.'nin *S. typhimurium* ile birlikte olan majör mutajenik aktivitesinin olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan AOH'nin DNA zincirinde kopmalara sebep olduğu, sitotoksik ve genotoksik etkisi ortaya konulmuştur (Solhaug ve ark. 2012). Alternariol yanında AME'nin de insan kanser hücrelerinde (HT49 ve A431 hücreleri) DNA sarmalında kırılmaların oranını artırdığı rapor edilmiş, bu toksin AOH topoizomeras I ve II aktivitesinin inhibitörü olarak karakterize edilmiştir (Fehr ve ark., 2009; Dellafiora ve ark., 2015). Pero ve ark. (1973), *Alternaria* toksinlerinin farklı dozlarının farelere gebelik döneminde verilmesi sonucunda AOH ve AME'nin (25 mg kg⁻¹ her birinden), birlikte verildiği 9-12 günlük gebe farelerde ölü fetüs sayısında artış olduğu tespit edilirken, 100 mg kg⁻¹ dozunda AOH'a maruz bırakılanlarda malforme fetüs oranının arttığı tespit edilmiştir. Ancak, 50 mg kg⁻¹ dozunda AME'e maruz bırakılan gebe farelerde herhangi bir etki gözlemlenmediği, bu da iki toksininin birlikte sinerjistik etki gösterdiğinin bir kanıtı olarak bildirilmiştir. AOH'nin endokrin sistem üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada Frizzell ve ark. (2013), AOH'nin zayıf bir östrojen mikotoksini olduğunu in vitro çalışmalar sonucu ortaya koymakla birlikte AOH'ın ayrıca steroidogenez olayına etki ettiğini bildirilmiştir. Dellafiora ve ark. (2018) ise AME, ATX-II, AOH-4-OH ve AME-4-OH'nin xenoöstrojenik (östrojeni taklit eden yabancı maddeler) potansiyeli ve gıdalarla birlikte günlük alınan xenoöstrojen miktarının kronik etkisinin olduğunu rapor etmiştir. *Alternaria* toksinlerinin bu etkileri dışında Çin ve diğer Asya ülkelerinde endemik bir osteoarthritis hastalığı olarak bilinen Kashin-Beck hastalığı (KBD) üzerine yapılan bir çalışmada, hastalığın nedeninin tam olarak ortaya konulamamasına rağmen 2001 yılında arpa tanelerinde bulunan *Alternaria* sp.'nin oluşturduğu sekonder metabolitler ile ilgili olduğu rapor edilmiştir (Haubruge ve ark., 2001).

Mikotoksin Üretiminin Ekolojisi

Alternaria türlerinin yaşadığı belirli çevresel koşullarda mikotoksinleri üretilmediği tespit edilirken, yaygın *A. alternata* gelişimi ve mikotoksin üretimi üzerine yapılan çalışmalar genellikle buğday taneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir (Magan ve ark., 1984). *Alternaria alternata* tarafından buğday tanesi üzerindeki gelişim profilleri ve üç farklı *Alternaria* toksini AME, AOH ve TeA'nin üretiminde, a_w (Su aktivitesi) \times sıcaklığın belirleyici olduğu bildirilmiştir (Sanchis ve Magan, 2004).

Mikotoksin üretimi, fungus gelişimine göre sıcaklık ve a_w koşulları açısından biraz daha sınırlı koşullarda gerçekleşmektedir. Oviedo ve ark. (2010, 2011), *Alternaria alternata* izolatlarının soya fasulyesinde AOH ve AME üretimi ile ilgili yürüttükleri çalışmada, AOH için optimum şartların izolatlara göre değişmekle birlikte, genel olarak 15°C ile 25°C'de ve 0.98 a_w civarında olduğunu, minimum su aktivitesinin 0.92 a_w civarında iken sıcaklık aralığının da 15-30°C olduğu tespit edilmiştir. AME için ise *A. alternata*'nın iki izolatında minimum 0.96 a_w ile tüm sıcaklık aralığında (15~30°C) gelişme meydana geldiği, optimum değerlerin ise 30°C ve 0.98 a_w civarında olduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın >30°C olduğu durumlarda ise AOH üretilirken, AME üretilmediği tespit edilmiştir. Soya fasulyesi ortamında geliştirilen *A. alternata* izolatları için ayrıca TeA üretimi ile ilgili profiller geliştirilmiş, TeA üretimi için optimum konsantrasyonların 25~30°C'de ve 0.98 a_w 'de olduğu bildirilmiştir (Oviedo ve ark., 2009). Başka bir çalışmada ise Arjantin'den alınan buğday örneklerinde *A. tenuissima* izolatlarının ATX-II toksininin üretimi bakımından benzer bir gelişim gösterdiği, optimal üretimin 14 günlük inkübasyonda 25-30°C ile 0.98 a_w ve 21 günlük inkübasyonda 30°C ile 0.95 a_w değerlerinde gerçekleşirken, özellikle yüksek sıcaklık koşullarında bile ($\geq 30^\circ\text{C}$) mikotoksin üretiminin olduğu tespit edilmiştir (Patriarca ve ark., 2014).

Mikotoksin üretiminde konukçu farklılığı da önemli olabilmektedir. Örneğin, Magan ve Baxter (1994), sorgumdan izole edilen *A. alternata*'dan üretilen TeA için farklı gelişim özelliklerinin olduğunu bildirmiş ve TeA için 28 günlük büyüme periyotları boyunca 0.99-0.93 a_w aralığında üretimin gerçekleştiğini, 0.93 a_w 'de bile toksin biyosentezinin 28 gün sonra gerçekleşebildiğini ve sonuçta optimal a_w seviyelerindeki (<0.95 a_w) üretim değerlerine ulaştığını bildirilmiştir.

Pose ve ark. (2010), tarafından TeA için domates içeren besi ortamında *A. alternata* izolatlarının AOH ve AME üretim profilleri incelenmiştir. Araştırmacılar, TeA birikimi için optimum koşulların 28 günlük inkübasyondan sonra 0.982 a_w ve 21°C olduğunu ve u mikotoksinin 0,982 ve 0,954 a_w 'de ve 15-35°C aralığında üretilmediğini bildirilmiştir. En düşük TeA üretiminin, 28 günlük inkübasyondan sonra 0.982 a_w 'de ve 6°C'de tespit edilirken, Daha düşük a_w değerlerinde (0.922), TeA üretiminin 21°C'de 21 günlük inkübasyondan sonra da yüksek konsantrasyon değerlerine ulaşabildiği, 35°C'de 28 gün sonra bile düşük düzeylerde de olsa bu toksinin üretilmediği bildirilmiştir. Optimum AOH üretim 21°C ve 0.954 a_w 'de 28 gün sonra gerçekleşmiştir. Buna bağlı olarak, AOH sentezi için tüm a_w aralığında (0.922~0.982), 21°C'nin en uygun koşullar olduğu ortaya konulmuştur. Diğer taraftan, AME'nin maksimum konsantrasyonun 0.954 a_w ve 35°C'de meydana geldiği belirlenirken, ayrıca 21°C'de de yüksek miktarlarda üretildiği bulunmuştur.

Genel olarak, mikotoksin üretiminin *Alternaria* türlerine ait izolatların gelişim özellikleri ve hızlarına oranla daha değişken miktarlarda olduğu görülmekle birlikte (Magan ve Baxter, 1994; Oviedo ve ark., 2009; Patriarca ve ark., 2014), ana kültür koleksiyonundan gelişim sağlamak yerine sürekli olarak alt kültür yapmanın (petri kültürlerinden transferlerle gelişim) genellikle zengin yapay ortamlardaki *Alternaria* izolatlarının AME, ATE, ALT, TeaA üretme yeteneğini kaybedebileceği bildirilmiştir (Magan ve Aldred, 2007).

Alternaria Toksinlerinin Biyosentezi

Pek çok *Alternaria* toksini insan ve memeli organizmalarda hücrel gelişimi engelleyen başta patojenik etkileri yanında mutajenik, östrojenik, genotoksik ve klastojenik etkiler de göstermekte ve böylece canlı dokularda önemli gelişim sorunlarının oluşumuna yol açabilmektedir (Vlata ve ark. 2005; Vlata ve ark. 2006; Meena ve Samal, 2019). *Alternaria* spp., patojenisitenin değişik evrelerinde birçok farklı ikincil metabolit üretebilmekte ve bunlar konukçuya özelleşmiş (Host-specific toxins, HSTs) ve özelleşmemiş toksinler olarak tanımlanmaktadır (non-HSTs) (Friesen ve ark., 2008; Berestetskly, 2008). Patojenik *Alternaria* türleri tarafından 70'den fazla toksin rapor edilmekle birlikte bunlardan 20 HSTs ve 30 nHSTs olarak karakterize edilmiş toksinlerdir (Yoder, 1980; Nishimura ve Kohmoto, 1983; Markham, 2001; Thomma, 2003; Howlett, 2006; Akinmitsu ve ark., 2013; Andersen ve ark. 2015; Lee ve ark. 2015). Her iki toksin grubunun da *Alternaria* türlerinin özellikle bitki patojenisitesi bakımından bir "virülenslik faktörü" olduğu kabul edilmektedir (Andrew ve ark. 2009). Bu nedenle bu toksinlerin üretiminden sorumlu olan gen ve gen lokusları hem *Alternaria* cinsinin evrimsel sürecinin değerlendirilmesinde, hem de oluşabilecek kayıp ve zararların önüne geçmede önemli bir araç olarak kullanılabilir.

Günümüzde *Alternaria* toksinlerinin biyosentezinden sorumlu genler tanımlanmış ve bu genlerin iki temel karakteristik özelliği tespit edilmiştir. Bunlar ya toksin üretiminden sorumlu büyük bir gen kümesinin (kluster) parçaları ya da toksinin biyosentezinden sorumlu olan kluster yapısının içinde konumlanmış küçük boyuttaki kromozomlar olarak tanımlanmıştır (Akamatsu ve ark. 1997;1999; Tsuge ve ark. 2013). Hatta ve ark. (2002), funguslarda HST genlerini içeren bir takım küçük kromozomlar ile transpozon benzeri dizileri koşulsuz fazla (artık) kromozomlar (CDCs) olarak tanımlamış ve özellikle küçük sporlu bazı *Alternaria* türlerinde bunların varlığını bildirmiştir. Moleküler çalışmalar özellikle HSTs biyosentez genlerinin <2Mb'da daha küçük tekli bir küçük kromozom üzerinde bulunduğunu ortaya koymuştur. CDCs üzerinde yer alan ve toksin üretimini kontrol eden bazı HST genlerine örnek olarak, elmadan elde edilen AM-toksin, çilekteki AF-toksin, Japon armudundaki AK-toksin, mandalinalardaki ACT-toksin ve domatesteki AAL-toksin verilmektedir (Hu ve ark. 2012). *Alternaria* türlerinde markör tabanlı teşhis yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, AAL-toksinin biyosentez genlerinden *Alt1* ve bir PKS (Polyketide Synthase) geni olan *AaMSAS* genlerini taşıyan CDCs tespit edilmiştir. Bu CDCs'lerin fonksiyonelliğini tespit etmeye yönelik çalışmalarda, çoğunlukla transkripsiyon faktör, patojenisite ile ilişkili genler, PKS genleri, NRPS (non-Ribosomal Peptide Synthase) genleri ve P450 taşıyıcı genleri ile ilişkili olan fonksiyonel domainlerin varlığı tespit edilmiştir (Yamagishi ve ark. 2006; Hu ve ark. 2012; Hou ve ark. 2016).

Alternaria Mikotoksinlerini İnceleme Metodları

Düşük moleküler ağırlığa sahip ve içinde buldukları substrat ortamında oransal olarak nispeten az miktarda bulunmakla birlikte çok yüksek toksik etkiler gösteren mikotoksinlerin analizi, gıda güvenliği ve sağlık risklerinin önüne geçilmesinde kritik bir noktayı oluşturmaktadır. Diğer birçok mikotoksinde olduğu gibi farklı biyokimyasal ve fizikokimyasal özelliklere sahip *Alternaria* toksinlerinin analizinde de kullanılacak yöntemin, yüksek hassasiyette tespit yapabilme, uygulanabilirliği kolay ve hızlı bir şekilde sonuç verebilir nitelikte olması gereklidir (Ostry, 2008; Man ve ark. 2017; Chen ve ark. 2021). Bu amaçla , ince tabaka kromatografisi (TLC) (Muller ve Lepom, 1992), yüksek performanslı ince tabaka kromatografisi (HPTLC) (Matysik ve Giryn, 1996), gaz kromatografisi (GC) (Harvan ve Pero, 1974) ve ultraviyole (UV) tespiti ile sıvı kromatografisi (LC) (Stack ve ark. 1985) gibi analitik yöntemler yanında tandem kütle spektrometrisi (MS/MS) ile gaz-kütle (GC-MS/MS) (Scott ve ark. 1997) ya da sıvı-kütle (LC veya HPLC-MS/MS) (Warth ve ark., 2012) şeklindeki kromatografi ile spektrometrik bütünleşik yöntemlerin kullanıldığı gelişmiş analiz yöntemleri de uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle tandem kütle spektrometrisinin farklı safhalarında kullanılan iyonizasyon teknikleri (Elektron İyonizasyonu-EI; Elektron Sprey İyonizasyonu-ESI; Matriks ile Desteklenen Lazer Desorpsiyon/İyonizasyon-MALDI) ve iyonizasyon zamanının ölçümüne dayalı (Time of Flight-TOF) hassas, seçici ve eş zamanlı olarak çok sayıdaki farklı kimyasal özellikli toksinin aynı ya da farklı matriksler üzerinden (gıda, yem vs.) tespitine imkan sağlayan bütünleşik analiz sistemlerinin *Alternaria* toksinlerinin belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanıldığına dair çok sayıda kayıt literatürde yer almaktadır (Noser ve ark. 2011; Sivagnanam ve ark. 2017; Zhang ve ark., 2019; Zhao ve ark. 2022) Ayrıca bazı toksinler için özel olarak geliştirilen immüno-kimyasal ya da immüno-assay (ELISA) yöntemler de (Rahman ve ark. 2019) *Alternaria* mikotoksinlerinin analizinde başvurulan yöntemlerdir.

İnce Tabaka Kromatografisi (TLC)

Çeşitli alanlarda basit ve hızlı niteliksel analiz yöntemi olarak TLC kullanılmaktadır. Bu yöntem aynı zamanda *Alternaria* mikotoksinlerinin belirlenmesi için de başvurulan genel bir yöntem olma özelliğine sahiptir. Prensip olarak TLC, hareketli bir tabaka üzerindeki bir ya da birkaç çözücü madde yardımıyla analiz edilecek karışım içerisindeki madde/maddelerin kapilar katmanlara ayrışmasının sağlandığı ve bu ayrışan maddelerin nitelik ve nicelik yönüyle ölçülebildiği bir yöntemdir (Izmailov ve Shraiber, 1938).

Hasan (1995), TLC-UV ile domateslerden *Alternaria* mikotoksinlerini (AOH, AME, TeA, ATX-I ve ATX-II) tespit etmek için bir çözücü sistemi olarak kloroform / aseton (97: 3, v: v) kullanmıştır. Sonuçta, çürümüş domateslerdeki ana mikotoksinlerin AOH, AME ve TeA olduğunu belirlenmiştir. AOH, AME ve TeA'nın tespit limitlerini (LOD) sırasıyla 100, 100 ve 700 µg kg⁻¹ olduğu bildirilmiştir.

Fàbrega ve ark. (2002) *A. alternata* IMI 354942'nin kültürlerinde TLC-UV ile AOH, AME, ALT, ATX-I ve TEN saptamışlardır. AOH, AME, ALT, ATX-I ve TEN LOD'larını sırasıyla 250, 125, 250, 250 ve 500 µg L⁻¹ olarak tespit etmişlerdir.

Skarkova ve ark. (2005) ve Ostry ve ark. (2007) yaptıkları çalışmalarda buğday, kolza tohumu, mercimek ve şarapta AOH, AME, ALT ve TeA'nın basit ve doğru bir şekilde düzlemsel kromatografi yöntemi (dansitometrik okumalı HPLC) ile tespit edilebileceğini belirtmişlerdir. *Alternaria* mikotoksinlerinin tespiti ve ölçümü için kullanılan TLC ve HPLC'nin analitik yöntemleri Çizelge 2.'de listelenmiştir.

İnce Katman Kromatografisi (TLC), kullanım kolaylığı, maliyet ve daha az solvent tüketilmesi gibi bazı avantajlarından dolayı hala vazgeçilmez bir analitik araçtır.

Çizelge 2. *Alternaria* mikotoksinlerinin tespitinde kullanılan TLC ve HPLC yöntemleri

Mikotoksin	Örnek	Yöntem	LOD	Kaynak
AOH	Domates	TLC-UV	100 µg kg ⁻¹	Hasan (1995)
AME			100 µg kg ⁻¹	
TeA			700 µg kg ⁻¹	
AOH	<i>Alternaria alternata</i> IMI 354942 kültürü	TLC-UV	250 µg L ⁻¹	Fabrega ve ark. (2002)
AME			125 µg L ⁻¹	
ALT			250 µg L ⁻¹	
ATX-I			250 µg L ⁻¹	
TEN			500 µg L ⁻¹	
TeA	Ayçiçeği tohumu	TLC	200 µg kg ⁻¹	Chulze ve ark. (1995)
AOH	Ahududu, domates	HPLC	60 µg kg ⁻¹	Matysik ve Giryn (1996)
AME	Buğday ve yulaf	dansitometre		
AOH	Mercimek	HPLC	---	Ostry ve ark. (2007)
AME			15 µg kg ⁻¹	
ALT			15 µg kg ⁻¹	
TeA			75 µg kg ⁻¹	

Gaz Kromatografisi (GC)

Alternaria mikotoksinlerinin saptanmasında farklı tespit tekniklerine bağlı olarak GC kullanılmaktadır. GC, özellikle de GC-MS, sadece yüksek hassasiyet ve seçiciliğe sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda analiz edilecek belirli kimyasal özellikteki maddeleri de ayrı ayrı tespit edebilmektedir. Bu yöntem polar olmayan ve yarı-polar, uçucu ve yarı-uçucu bileşiklerin saptanması için uygundur, ancak çoğu *Alternaria* mikotoksinleri küçük, uçucu olmayan ve polar moleküllerdir (Turner ve ark. 2009; Köppen ve ark. 2010). Dolayısıyla uçucu olmayan mikotoksinlerinin GC ya da GC-MS analizinden önce türetilmesi gerekmektedir (Scott, 1995).

Harvan ve Pero (1974) bir asetil trimetilsilan, trimetilsilan ve piridin (6: 2: 9, v: v: v) karışımı kullanarak TeA'yı türetmiş ve TeA'yı bir alev iyonizasyon detektörü (FID) ile GC kullanarak saptamışlardır. Wojciechowska ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada biri *A. alternata* enfeksiyonuna karşı dirençli diğeri ise hassas olan iki farklı domates genotipini hedeflenmemiş kapsamlı iki boyutlu gaz kromatografisi kütle

spektrometresi (GC × GC-MS) ile analiz etmişlerdir. In vitro analizde, klorojenik asit, *A. alternata*'nın gelişiminin ilk günlerinde alternariol biyosentezini azaltmıştır. Alternariol biyosentezinde anahtar bir gen olan alternariol poliketid sentaz geninin ekspresyon analizi, aynı zamanda büyümenin ilk aşamalarında ekspresyonunda geçici bir azalma olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ancak kromatografik analizle, klorojenik asidin zamanla bozulduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda klorojenik asidin domateslerin *A. alternata* tarafından kolonizasyonunu konsantrasyona bağlı bir şekilde azalttığını, ancak bu azalmanın kısmen alternariol ilavesiyle karşılandığını belirtmişlerdir.

GC / GC-MS yöntemleri mükemmel duyarlılık göstermesine rağmen, bu yöntemler *Alternaria* mikotoksinlerinin saptanmasında yaygın olarak kullanılmamıştır. Bunun başlıca nedeni, *Alternaria* mikotoksinlerinin örnek hazırlanmasında çoğunlukla türevlendirilmesinin gerekmesidir (Man ve ark. 2017).

Sıvı Kromatografi (LC)

Sıvı kromatografisi yöntemleri, mikotoksinlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklı farklı absorban değerleri göstermesinden faydalanılarak geliştirilen ve mikotoksin analizlerinde günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılan analitik yöntemdir. En yaygın şekli ile yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) ya da ultra yüksek performanslı ince tabaka kromatografisi (UHPLC) enstrümanlarının ultraviyole dedektörü (UVD), diod-blok dedektörü (DAD), floresan dedektörü (FLD), elektrokimyasal dedektör (ECD), buharlaştırıcı ışık dedektörü (ELSD) ve kütle spektrumu gibi klasik dedektörlerle birleştirilerek kullanılması ile uygulamada yaygınlaşmıştır (Turner ve ark. 2009; Man ve ark. 2017).

Bir UV dedektörü (LC-UV) ile birleştirilmiş LC yöntemi, çoğu organik molekül ve bazı inorganik moleküllerin ultraviyole emilim özelliklerine sahip olduğundan, *Alternaria* mikotoksinlerinin saptanması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılmış olan bir çalışmada domates ve domates ürünlerindeki TeA ve AME içerikleri ters faz LC-UV ile belirlenmiş ve TeA ve AME miktarları sırasıyla 25 µg kg⁻¹ ve 3 µg kg⁻¹ olarak saptanmıştır (Stack ve ark., 1985).

Solfrizzo ve ark. (2004) havuçta ATX-I, AOH, AME ve TeA'nın tespiti için UV diyot dizisi dedektörüne (LC-UV / DAD) sahip ters fazlı LC'yi ve ön arıtma olarak katı faz ekstraksiyonu (SPE) kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar, TeA, ATX-I, AME ve AOH LOD' larının sırasıyla 20, 20, 10 ve 5 µg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir. Yapılan bir başka araştırmada, 2004 ve 2005 yıllarında Arjantin'de hasat edilen 64 buğday örneği HPLC-UV ile tespit edilmiştir. Sonuçlar, buğday örneklerinin %23'ünün AME, %6'sının AOH ve %19'unun TeA içerdiğini göstermiştir (Azcarate ve ark., 2008).

Solfrizzo ve ark. (2004) havuçlarda *A. radicina* ve *A. alternata* toksinlerinin belirlenmesi için bir LC yöntemi geliştirilmişlerdir. Toksinler, asitleştirilmiş bir su-metanoantonitril karışımı ile havuçtan ekstrakte edilmiştir. Filtrelenmiş ekstrakt 2 parçaya bölünerek, Radikalinin (RAD), ATX-I, AOH ve AME'nin analizi için bir C18 kolonunda ve TeA için bir polimerik Oasis® HLB kolonunda katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırılmıştır. Toksinler izokratikasetonitril-sodyum dihidrojen fosfat çözeltisi karışımı kullanılarak UV diyot dizisi yardımıyla

ters faz LC ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar LOD olarak RAD, TeA, ATX-I, AME ve AOH için sırasıyla 0.006, 0.02, 0.02, 0.01 ve 0.005 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Kocher (2006), yaptığı çalışmada yenilebilir yağ ve yağlı tohumlardan elde edilen yedi *Alternaria* toksininin (AOH, AME, ALT, ATX-I, TeA, tentoksin ve AAL-toksinleri TA-1 ve TA-2) tespit edilmesinde LC-MS / MS yöntemini kullanmıştır. Sonuçta AOH, AME, ALT, ATX-I, TeA, tentoksin ve TA-1 ve TA-2 için LOD değerini sırasıyla 0.07, 0.05, 0.25, 0.05, 0.86, 0.11, 0.14 ve 0.05 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olarak belirlemiştir.

Müller ve Korn (2013) Almanya'da yürüttükleri çalışmada tahıllarda *Alternaria* mikotoksinlerinin varlığını araştırmışlardır. Bu amaçla 2001 yılından 2010 yılına kadar Brandenburg Eyaleti'nin farklı bölgelerindeki ticari çiftliklerden toplam 1064 adet yeni hasat edilmiş kışlık buğday tohumlarını materyal olarak kullanarak, HPLC yöntemi ile AOH, AME, ALT ve TeA'yı analiz etmişler ve en fazla görülen *Alternaria* mikotoksinini TeA olarak belirlemiştir. Sonuç olarak TeA'nın yeni hasat edilmiş buğday tanelerinde görülmesini öncelikli olarak ürüne ve toprak işleme yöntemine bağlamışlardır.

López ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada EFSA tarafından önerilen gıda ürünleri için *Alternaria* toksin verilerini sağlamayı amaçlamışlardır. Bu amaçla yem ve gıdalarda mikotoksinlerin belirlenmesine yönelik iki farklı LC-ESI-MS / MS multi-mikotoksin yöntemini kullanarak eş zamanlı olarak AOH, AME, TEN, ALT ve TeA'yı tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda birden daha fazla gıda ürünüde AOH, AME, TeA ve TEN bulunmuşken, hiçbir örnekte ALT saptanmamıştır. Ayçiçeği tohumu, domates sosları ve kuru incirde nispeten yüksek konsantrasyonlarda TeA bulunmuştur. Hububat, domates sosları, incir, şarap ve ayçiçeği tohumunda düzenli olarak *Alternaria* toksinleri oluştuğunu belirlemiştir. Çalışmanın devamında, taze elma, taze turuncuğiller, taze domates ve zeytinlerde *Alternaria* toksinlerinin sadece rastlantısal olarak meydana geldiği bildirilmiştir.

Walravens ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada tahıl ve tahıl ürünlerindeki (pirinç, yulaf gevreği ve arpa) *Alternaria* toksinlerini belirlemek için UPLC-ESI+/-MS/MS yöntemini geliştirmişlerdir. Örnek hazırlama ve ekstraksiyon metodolojisinin optimizasyonu deneysel tasarım ile sağlanmıştır. Son ekstratlar, hem pozitif hem de negatif iyonizasyon modunda çalıştırılan anelectrospray ara birimi ile donatılmış bir Quattro Premier XE kütle spektrometresine bağlanan Waters Acquity UPLC sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Kromatografik ayırma, bir Acquity UPLC HSS T3 kolonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan gradyanlıyasyon programı yardımıyla tek adımlı kromatografik bir çalışmada 10 adet *Alternaria* toksini eş zamanlı olarak sadece yedi dakikada belirlenmiştir. Ardından, izotopik olarak etiketlenmiş iç standartlar uygulayan yöntemi ([2H4] - alternariol monometil eter ve [13C6, 15N] -tenazonik asit) kullanılarak doğrulama yapılmıştır. Doğrulama sırasında, biyoanalitik verilerin kalitesi, ağırlıklı en küçük kareler doğrusal regresyon (WLSLR) uygulanarak gözlenen heterosordastisiteyi ortadan kaldırarak geliştirilmiştir. Sonuç olarak, piyasada bulunan 24 tane hububat bazlı gıda maddesinin analizi yapılmış ve hem pirinç hem de yulaf gevreği örneklerinde tenuazonik asit (<LOQ - 68 \pm 7 $\mu\text{g kg}^{-1}$) ve pirinç örneklerinde tentoksin (<LOQ- 10.9 \pm 2.0 $\mu\text{g kg}^{-1}$) varlığı belirlenmiştir.

Andersen ve ark. (2015) Arjantin'de yaptıkları çalışmada farklı substratlardan (domates, buğday, yaban mersini ve ceviz) alınan 87 *Alternaria* izolatını morfolojisine ve metabolit üretimine göre karakterize etmiştir. Kimyasal potansiyelin en iyi şekilde değerlendirilmesi için agresif derleme (doğru kütle, izotopik paternler ve

Alternaria spp.'den tarif edilen tüm bileşiklerin listeleri) yollarını kullanmışlardır. Analizler, diyet dizisi dedektörü (DAD) ve yüksek çözünürlüklü (HR) maXis 3G QTOF kütle spektrometresi (MS) ile ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi (UHPLC) kullanılarak yapılmıştır. Kimyasal analizler, üretilen en yaygın metabolitlerin AOH ve AME olduğunu ve bunlardan sonra TEN, ALX ve TeA olduğunu göstermiştir. Geniş sporlu *Alternaria* türlerinden veya diğer fungus türlerinden izole edilen çeşitli sekonder metabolitler (dehidrokurvularin, prenosi asetik asit ve alternarienonik asit gibi) tespit edilmiştir. Domateslerden izole edilen izolatların, yaban mersini, ceviz ve buğdaydan elde edilen izolatlardan daha az miktarda metabolit ürettiği belirlenmiştir. Sonuçlar Arjantin izolatlarının en az %75'inin potansiyel mikotoksin üretebildiğini göstermiştir.

UHPLC ya da HPLC çok yüksek bir ayırıştırma yeteneğine sahip olması ve tespit hassasiyetinin oldukça düşük düzeylere kadar inebilmesi, bu yöntemin en büyük avantajıdır (Sydenham ve Shephard, 1996; Man ve ark. 2017).

ELISA

Enstrümantal analitik yöntemlerin pahalı, özel ekipman ve nitelikli personel gerektirmesi, bunun aksine enzime bağlı immünosorbent analizi (ELISA) daha basit, hızlı ve nispeten daha ucuz olması (Goryacheva ve ark. 2007) bu yöntemin özellikle kromatografik yöntemlerin kullanılmadığı durumlarda alternatif analiz aracı olmasını sağlamaktadır. Bu yöntem, mikotoksin tespiti için ticari olarak üretilen ELISA kitlerindeki, hedef molekül ya da bileşiğe özelleşmiş antijen-antikör eşleşmesi prensibine dayalıdır (Morgan, 1989). Şimdiye kadar, ELISA yöntemi *Alternaria* toksinlerinden AAL, AOH ve TeA'nın tespiti için kullanılmıştır ve gıdalarda ve hayvan yemlerindeki *Alternaria* mikotoksin oluşumunu için değerlendirilmiştir. Yüksek hassasiyet ve seçicilik ile ELISA tarafından tespit edilen ilk *Alternaria* mikotoksini AAL toksin TA'dır. Yu ve ark. (1999) saman, silaj ve karışık yemde AAL toksin TA ve diğer beş mikotoksinlerin analizi için ELISA yöntemini kullanmıştır. Gross ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada TeA'nın tespiti için süksinik anhidrit ile TeA'nın türevlendirilmesini sağlamış ve bunu KLH (keyhole Limpet Hemocyanin) ile birleştirerek elde edilen TeA asetat için ELISA duyarlılığının, TeA'ya göre daha iyi olduğunu ve elma ve domatesde TeA' üretim miktarının 25-50 µg kg⁻¹ olduğunu bildirmiştir.

Elektrokimyasal Yöntem

Bu yöntem, elektro kimyasal tespit dedektörü kullanılarak analiz edilen bazı *Alternaria* toksinleri için farklı bir analiz yöntemi geliştirilerek uygulanmaktadır. Bu toksinler, grafit içeriği olmayan karbondan ve platinden oluşturulmuş elektrotlarda, elektrik akımı uygulandığında oksitlenme özelliği göstermelerinden dolayı buradaki oksitlenme düzeyinin kantitatif ölçümüne dayalı bir sistemdir. (Visconti ve ark. 1991). Şimdiye kadar *Alternaria* mikotoksin tespiti için kullanılan elektrokimyasal yöntem sadece bir kez rapor edilmiştir. Yapılmış olan bu çalışmada araştırmacılar elektrokimyasal yöntemle AOH ve AME'nin kantitatif tespiti için mantar tirozinaz ile

modifiye edilmiş bir karbon macun elektrodu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan AME ve AOH'nin mantar tirozinazın substratları olduğunu belirlemiş ve AOH ve AME'nin LOD'ları sırasıyla 2.4×10^{-5} ve 1.9×10^{-5} M olarak tespit edilmiştir (Moressi ve ark., 1999).

Moleküler Yöntemler

Alternaria sporlarını ve farklı gıdalardaki özellikle domates bazlı ürünlerdeki (örn. Püreler ve domates salçası) biyokütle tespit etmek için Zur ve ark. (1999) tarafından PCR tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. *Alternaria* spp.'nin tespiti için PCR primerleri kullanılarak gıda ürünlerinde kontaminasyon 5.8S rRNA'nın ITS1 ve ITS2'sine özgü geni, *Alternaria*'nın teşhisinde kullanılmıştır. Araştırmacılar, ticari domates meyvesi ve işlenmiş numunelerde domates soslarında ve taze hazırlanmış ürünlerde öncelikle *Alternaria* DNA'sını elde etmişlerdir. Çoğaltılmış parça uzunluğu polimorfizm (AFLP) yöntemiyle, Arjantin çeşitlerinden toksin üretimi belirlenmiş ve domates bazlı ürünlerden ve meyvelerden *Alternaria* türleri izole edilmiş ayrıca *Alternaria* spp.'nin patojenitesi de belirlenmiştir (Somma ve ark., 2011). Oviedo ve ark. (2013) tarafından, Arjantin'de buğdaydan izole edilen *A. alternata* ve *A. infectoria* izolatları arasındaki değişkenliğin belirlenmesi için açık polimorfizm hem türler içinde hem de türler arasında AFLP metodunun kullanılabilirliğini göstermiştir. Tahıllarda ve diğer ürünlerde bu türlerin tespiti için özel primerler ve bu iki türdeki genetik çeşitliliği değerlendirmek için de AFLP metodu kullanılmıştır. Crespo-Sempere ve ark. (2013), domates bazlı ürünlerde *Alternaria* spp.'nin tespiti için kantitatif PCR (q-PCR) ile birlikte propidyum monoazid (PMA) kullanmıştır. Bu metodun gıda ürünlerinde canlı olmayan fungus hücrelerinin aksine canlı olanın tespiti için kullanışlı olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, Alt4, Alt5'e Alt6 ve Alt7 primer çiftlerinin tasarlanmasına ve bunun için internal transcribed spacer region (ITS) bölgesinin kullanışlı olduğunu belirtmiştir. PMA ile ön işleme tabi tutularak mamul domates bazlı ürünlerde *Alternaria* canlı hücrelerini tespit etmek mümkün olmuştur. Domates bazlı matris, PMA toksisitesine karşı koruyucu bir etkiye sahiptir. Ancak bu durum canlı ve cansız hücreleri ayırt etme etkisini düşürmektedir. Neticede bu yöntemin, *Alternaria* mikotoksinleri ile kontaminasyon riskini tahmin etmek için değerli hızlı bir araç olabileceği bildirilmiştir.

Böylece *Aspergillus flavus* ile *Fusarium verticillioides* için yakın zamanda geliştirilen risk modelleri gibi bir imkân da *Alternaria* türlerinin farklı gıda üretim zincirinde mikotoksin ve kolonizasyon verileri için bir moleküler ekofizyolojik çalışmaları belki de entegre eden q-PCR kullanımı ile bu konuda da modeller geliştirilebileceği belirtilmiştir (Abdel-Hadi ve ark., 2012; Medina ve ark., 2013).

Sonuç

Alternaria spp.'nin oluşturduğu mikotoksinler ve insanlara etkisi üzerindeki çalışmalar oldukça yenidir. Bu derleme konunun önemine dikkat çekmek için ele alınmıştır. Konunun özellikle insan sağlığı açısından riskleri ele alınmış, akut ve kronik rahatsızlıklara neden olabileceği görülmüştür. *Alternaria* spp.'nin oluşturduğu

mikotoksinlerin, mutajenik, kanserojenik olabileceği ve solunum sisteminde kronik hastalıklara yol açabileceği belirlenmiştir. Ayrıca farelerde yapılan çalışmalarda ölü ve malforme fetüse yol açabildiği görülmüştür. Bu çalışmada TLC, GC ve GC-MS, LC ve LC-MS, ELISA ve elektrokimyasal yöntemler gibi *Alternaria* mikotoksinlerinin tespit yöntemleri gözden geçirilmiştir. Bunlar arasında TLC en düşük tespit hassasiyetine sahipken, GC / MS-MS ya da HPLC-MS/MS sistemleri yüksek duyarlılığa sahiptir. Ancak uçucu olmayan *Alternaria* toksinlerinin ise genellikle bir şekilde türevlenmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle, TLC ve GC / MS-MS yöntemleri LC ve HPLC-MS ile değiştirilmiştir. LC, LC-MS ve özellikle LC-MS / MS veya LC-MS, *Alternaria* mikotoksin tespiti için temel dayanak olmuşlardır. Bununla birlikte, LC ve LC-MS büyük ölçekli ekipman ve nitelikli eleman gerektirir. Bu nedenle, gıda güvenliği alanının gerçek zamanlı, hızlı veya taşınabilir algılama gereksinimini karşılayamamaktırlar. ELISA yöntemi, basitliği, minyatürizasyonu ve taşınabilirliği nedeniyle büyük ölçekli ekipmanların dezavantajlarını telafi edebilmektedir ve AOH, TeA ve AAL toksin TA'nın tespiti için kullanılmaktadır. Bu tekniklerin yanı sıra PCR temelli testlerle de hem *Alternaria* türleri hem de bu türlerin oluşturduğu bazı toksinler belirlenebilmiştir. Teknolojik gelişmelerle birlikte, özellikle MALDI-TOF gibi gelişmiş sistemlerle sadece *Alternaria* mikotoksinlerinin saptanması değil aynı zamanda türlerin teşhisine (Chowdappa ve ark. 2013) kadar giden farklı tespit tekniklerin de geliştirilebileceği ve uygulamada kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Alternaria'nın yaygın olarak görülmesi nedeniyle yapılan bazı analizlerde, çeşitli gıda ve yem maddelerinin tüketimi ile insan ve hayvanların mikotoksinler nedeniyle yüksek toksisiteye maruz kaldığı bildirilmektedir. Mikotoksin yoğunluğunun düşürülmesi, saha, nakliye, depolama ve işleme aşamalarının izlenmesi ve iyileştirilmesi ile mümkündür. İnsanların bu kirleticilere maruz kalma derecesi, ortaya çıkan mikroorganizmaların etkisi ve sonra ürettikleri metabolitlerden önemli olan mikotoksinlerin üretim sürecine dikkat edilmelidir. Azaltılması için yeterli önlemleri almak, ulusal ve uluslararası alanda dekontaminasyon programları uygulamakla mümkündür. Bu toksik bileşikler arasındaki potansiyel korelasyon ile farklı toksisite profilleri oluşabilir, bu konunun da derinlemesine çalışılması gerekmektedir.

Fungal popülasyon genetiği, mikotoksin üretimindeki rollerini aydınlatmak ve farklı ekofizyolojik faktörlere (esas olarak sıcaklık ve su aktivitesi) maruz kaldığında *Alternaria* sekonder metabolizmasını (ana veya konjuge analitler üreten) anlamak için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Sahada ve farklı proseslerde *Alternaria* mikotoksin kontaminasyonunu etkileyen faktörleri belirlemek için üretim zinciri boyunca tahmine dayalı modellerin kullanımı bu kontaminasyonun önemli ölçüde azalmasına neden olabilir. Belirli bir uluslararası düzenleme olmamasına rağmen *Alternaria* mikotoksinlerinden herhangi biri için EFSA, hayvan ve halk sağlığı için riskler hakkında gıdalarda *Alternaria* toksinlerinin varlığı ile ilgili bilimsel görüşlerini bildirmiştir (EFSA, 2011). Gıda güvenliği ile ilgili risk değerlendirmesindeki zorluklar sıklıkla niceliksel veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu toksinler için kabul edilecek maksimum değerler EFSA tarafından çalışılmakta ve yakın gelecekte Avrupa Birliği tarafından düzenleneceği anlaşılmaktadır (Escrivá ve ark.,2017). Bu kirleticiler çok çeşitli yiyeceklerde bulunabilir. Ürünlerin kalitesi ve tüketicilerin sağlığının korunması amacıyla ilgili kurumların ürünlerin mevcut durumu ve gelecekteki durumuna dair tespitleri yapmasına ihtiyaç vardır.

Yakın gelecekte yanıtlanması gereken kilit sorular, iklim değişikliği senaryolarının gıda ve tarım ürünlerinde fungal topluluk yapısının dinamiklerinde bir değişikliğe neden olup olmayacağı ve ekonomik etkisinin nasıl olacağı ile tarımla ilgili daha fazla soruna yol açıp açmayacağıdır.

Teşekkür

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

Kaynakça

- Abdel-Hadi, A., Schmidt-Heydt, M., Parra, R., Geisen, R. and Magan, N. 2012. A systems approach to model the relationship between aflatoxin gene cluster expression, environmental factors, growth and toxin production by *Aspergillus flavus*. *Journal of the Royal Society Interface*, 9: 757-767.
- Aichinger, G., Puntschner, H., Beisl, J., Kütt, M-L., Warth, B. and Marko, D. 2018. Delphinidin protects colon carcinoma cells against the genotoxic effects of the mycotoxin altertoxin II. *Toxicology Letters*, 284: 136-142.
- Akamatsu, H., Itoh, Y., Kodama, M., Otani, H. and Kohmoto, K. 1997. AAL-toxin-deficient mutant of *Alternaria alternata* tomato pathotype by restriction enzyme-mediated integration. *Phytopathology*, 87: 967-972.
- Akamatsu, H., Taga, M., Kodama, M., Johnson, R., Otani, H., and Kohmoto, K. 1999. Molecular karyotypes for *Alternaria* plant pathogens known to produce host-specific toxins. *Current Genetics*, 35: 647-656. doi: 10.1007/s002940050464.
- Akinmitsu, K., Tsuge, T. and Kodama, M. 2013. *Alternaria* host-selective toxins: determinant factors of plant disease. *Journal of Gen. Plant Pathology*, 80: 109-122.
- AlMatar, M., Var, I., and Koksal, F. 2016. How Does *Alternaria alternata*-Derived Alternariol Affect Our Health? *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, 13: 465-472.
- Andersen, B., Nielsen, K.F., Pinto, V.F. and Patriarca, A. 2015. Characterization of *Alternaria* strains from Argentinean blueberry, tomato, walnut and wheat. *International Journal of Food Microbiology*, 196: 1-10.
- Andrew, M., Peever, T. L., and Pryor, B. M. 2009. An expanded multilocus phylogeny does not resolve morphological species within the small-spored *Alternaria* species complex. *Mycologia*, 101: 95-109. doi: 10.3852/08-135.
- Arcella, D., Eskola, M., Ruiz, J.A.G. 2016. Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population. *EFSA Journal* 14:4654.

- Azcarate, M.P., Patriarca, A., Terminiello, L. and Pinto, V.F. 2008. Alternaria toxins in wheat during the 2004 to 2005 Argentinean harvest. *Journal of Food Protection*, 71: 1262-1265.
- Barkai-Golan, R. 2008. Alternaria Mycotoxins: *Mycotoxins in Fruits and Vegetables*. Ed: Barkai-Golan, R., Paster, N., Elsevier Inc., San Diego, CA, USA, pp: 185-203.
- Barkai-Golan, R. and Paster, N. 2008. Mouldy fruits and vegetables as a source of mycotoxins: part 1. *World Mycotoxin Journal*, 1:147-159.
- Bensassi, F., Gallerne, C., Sharaf El Dein, O., Hajlaoui, M.R., Bacha, H., Lemaire, C. 2012. Cell death induced by the Alternaria mycotoxin Alternariol. *Toxicology in Vitro*, 26:915-923.
- Berestetskly, A.O. 2008. A review of fungal phytotoxins: from basic studies to practical use. *Applied Biochemical and Microbiology*, 44: 453-465.
- Bottalico, A. and Logrieco, A. 1998. Alternaria species of economic importance: *Mycotoxins in agriculture and food safety*. Ed: Sinha, K.K., Bhatnagar, D., Marcel Dekker. New York, USA, p 65-108.
- Boutin, B., Peeler, J., Twedt, R. 1989. Effects of purified altertoxins I, II, and III in the metabolic communication V79 system. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 26:75-81.
- Brugger, E-M., Wagner, J., Schumacher, D.M., Koch, K., Podlech, J., Metzler, M. and Lehmann, L. 2006. Mutagenicity of the mycotoxin alternariol in cultured mammalian cells. *Toxicology Letters*, 164: 221-230.
- Charmley, L.L., Trenholm, H.L., Prelusky, D.B. and Rosenberg, A. 1995. Economic losses and decontamination. *Natural Toxins*, 3: 199-203.
- Chen, A., Mao, X., Sun, Q., Wei, Z., Li, J., You, Y., Zhao, J., Jiang, G., Wu, Y., Wang, L., Li, Y. 2021. Alternaria Mycotoxins: An Overview of Toxicity, Metabolism, and Analysis in Food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69:7817-7830.
- Chowdappa, P., Lakshmi, M. J., Madhura, S. 2013. Matrix assisted laser desorption ionization–time of flight (MALDI-TOF) mass spectrometry for identification of plant pathogenic Alternaria species. *Phytoparasitica*, 41: 169-179.
- Chulze, S.N., Torres, A.M., Dalcero, A.M., Etcheverry, M.G, Ramírez, M.L. and Farnochi, M.C. 1995. Alternaria mycotoxins in sunflower seeds: incidence and distribution of the toxins in oil and meal. *Journal of Food Protection*, 58: 1133-1134.
- Crespo-Sempere, A., Estiarte, N., Marín, S., Sanchis, V. and Ramos, A.J. 2013. Propidium monoazide combined with real-time quantitative PCR to quantify viable Alternaria spp. contamination in tomato products. *International Journal of Food Microbiology*, 165: 214-220.
- Dall'Asta, C., Cirlini, M., Falavigna, C. 2014. Chapter Three - Mycotoxins from Alternaria: Toxicological Implications. *Advances in Molecular Toxicology*, 8:107-121.
- Dang, H.X., Pryor, B., Peever, T. and Lawrence, C.B. 2015. The Alternaria genomes database: a comprehensive resource for a fungal genus compared of saprophytes, plant pathogens, and allergic species. *BMC Genomics*, 16: 239.

- Davis, N.D., Diener, U.L., Morgan-Jones, G. 1977. Tenuazonic acid production by *Alternaria alternata* and *Alternaria tenuissima* isolated from cotton. *Applied and Environmental Microbiology*, 34:155-157.
- Dearborn, D.G., Infeld, M.D., Smith, P., Judge, C., Horgan, T.E., Allan, T., Zimomra, J.A., Mortensen, B.K., Burkett, S.A. and Winpisingerslay, K. 1995. Acute Pulmonary Hemorrhage Hemosiderosis Among Infants-Cleveland, January-1993 November-1994. *Journal of the American Medical Association*, 273: 281-282.
- Dellafiora, L., Dall'Asta, C., Cruciani, G., Galaverna, G. and Cozzini, P. 2015. Molecular modelling approach to evaluate poisoning of topoisomerase I by alternariol derivatives. *Food Chemistry*, 189: 93-101.
- Dellafiora, L., Warth, B., Schmidt, V., Del Favero, G., Mikula, H., Fröhlich, J. and Marko, D. 2018. An integrated in silico/in vitro approach to assess the xenoestrogenic potential of *Alternaria* mycotoxins and metabolites. *Food Chemistry*, 248: 253-261.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) 2011. Scientific opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. *EFSA Journal*, 9: 2407.
- Escriva, L., Font, G., Manyes, L., Berrada, H. 2017. Studies on the Presence of Mycotoxins in Biological Samples: An Overview. *Toxins*, 9:251.
- Fabrega, A., Agut, M. and Calvo, M. 2002. Optimization of the method of detection of metabolites produced by the *Alternaria* genus: Alternariol, alternariol monomethyl ether, altenuene, altertoxin I and tentoxin. *Journal of Food Science*, 67: 802-806.
- Fehr, M., Pahlke, G., Fritz, J., Christensen, M.O., Boege, F., Altemöller, M. and Podlech J, Marko D. 2009. Alternariol acts as a topoisomerase poison, preferentially affecting the II α isoform. *Molecular nutrition & Food Research*, 53: 441-451.
- Fleck, S.C., Sauter, F., Pfeiffer, E., Metzler, M., Hartwig, A., Koberle, B. 2016. DNA damage and repair kinetics of the *Alternaria* mycotoxins alternariol, altertoxin II and stemphytoxin III in cultured cells. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 798-799:27-34.
- Freire, F.D.C.O. and da Rocha, M.E.B. 2017. Impact of Mycotoxins on Human Health: *Fungal Metabolites*. Ed.: Merillon, J.M., Ramawat, R.G., Springer International Publishing, Switzerland, pp: 239-255.
- Friesen, T.L., Faris, J.D., Solomon, P.S. and Oliver, R. P. 2008. Host-specific toxins: effectors of necrotrophic pathogenicity. *Cell Microbiology*, 10: 1421-1428.
- Frizzell, C., Ndossi, D., Kalayou, S., Eriksen, G.S., Verhaegen, S., Sørli, M., Elliott, C.T, Ropstad, E. and Connolly L. 2013. An in vitro investigation of endocrine disrupting effects of the mycotoxin alternariol. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 271: 64-71.
- Goryacheva, I. Y., De Saeger, S., Eremin, S. A., Van Peteghem, C. 2007. Immunochemical methods for rapid mycotoxin detection: Evolution from single to multiple analyte screening: A review. *Food Additives and Contaminants*, 24(10): 1169-1183.

- Griffin, G.F. and Chu, F. 1983. Toxicity of the *Alternaria* metabolites alternariol, alternariol methyl ether, altenuene, and tenuazonic acid in the chicken embryo assay. *Applied and Environmental Microbiology*, 46: 1420-1422.
- Gross, M., Curtui, V., Ackermann, Y, Latif H, and Usleber E. 2011. Enzyme immunoassay for tenuazonic acid in apple and tomato products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 12317-12322.
- Gürcan, Ş., Pişkin, S., Kılıç, H., Temelli, B.A. ve Yalçın, Ö. 2009. İmmün Sistemi Sağlam Bir Konakta *Alternaria alternata* ile Oluşan Deri Enfeksiyonu. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 43: 163-167.
- Harvan, D. and Pero, R. 1974. Gas chromatographic analysis of the *Alternaria* metabolite, tenuazonic acid. *Journal of Chromatography A*, 101: 222-224.
- Hasan, H. 1995. *Alternaria* mycotoxins in black rot lesion of tomato fruit: conditions and regulation of their production. *Mycopathologia*, 130: 171-177.
- Hatta, R., Ito, K., Hosaki, Y., Tanaka, T., Tanaka, A. and Yamamoto, M. 2002. A conditionally dispensable chromosome controls host-specific pathogenicity in the fungal plant pathogen *Alternaria alternata*. *Genetics*, 161: 59–70.
- Haubruege, E., Chasseur, C., Debouck, C., Begaux, F., Suetens, C., Mathieu, F., Michel, V., Gaspar, C., Rooze, M. and Hinsenkamp M. 2001. The prevalence of mycotoxins in Kashin-Beck disease. *International Orthopaedics*, 25: 159-161.
- Hou, Y., Ma, X., Wan, W., Long, N., Zhang, J., Tan, Y., Duan, S., Zeng, Y. and Dong, Y. 2016. Comparative Genomics of Pathogens Causing Brown Spot Disease of Tobacco: *Alternaria longipes* and *Alternaria alternata*. *PLoS ONE*, 11: e0155258.
- Howlett, B. J. 2006. Secondary metabolite toxins and nutrition of plant pathogenic fungi. *Current Opinion Plant Biology*, 9: 371-375.
- Hu, J., Chen, C., Peever, T., Dang, H., Lawrence, C.B. and Mitchell, T.K. 2012. Genomic characterization of the conditionally dispensable chromosome in *Alternaria arborescens* provides evidence for horizontal gene transfer. *BMC Genomics*, 13: 171.
- Izmailov, N.A. and Shraiber, M.S. 1938. A drop-chromatographic method of analysis and its applications to pharmacy. *Farmatsiya*, 3:1-3.
- Karabulut, Ö.A. ve Değirmencioğlu, T. 2002. Hayvan Yemi Olarak Kullanılan Buğday Danelerinde Toksin Oluşumuna Neden Olan Fungusların Sodyum Hidroksit Uygulanmasıyla Engellenmesi. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16: 129-138.
- Kaya, B. ve Zorba, N.N. 2021. *Alternaria* Genusu Üyelerinin Meyve ve Sebzeler Üzerine Etkileri. *Mantar Dergisi*, 12:223-239.
- Kocher, U. 2006. Multimethode zur Bestimmung von *Alternaria*-toxinen mittels LC-MS/MS. In: Gesellschaft für Mykotoxinforschung. Proceedings of the 28th Mycotoxin Workshop. Bydgoszcz, Poland: Gesellschaft für Mykotoxin Forschung, p92.

- Köppen, R., Koch, M., Siegel, D., Merkel, S., Maul, R., Nehls, I. 2010. Determination of mycotoxins in foods: current state of analytical methods and limitations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86: 1595-1612.
- Lee, H.B., Patriarca, A. and Magan, H. 2015. *Alternaria* in food: ecophysiology, mycotoxin production and toxicology. *Microbiology*, 43: 93-106.
- Lehmann, L., Esch, H.L., Wagner, J., Rohnstock, L., Metzler, M. 2005. Estrogenic and genotoxic potential of equol and two hydroxylated metabolites of Daidzein in cultured human Ishikawa cells. *Toxicology Letters*, 158:72-86.
- Licorish, K., Novey, H.S., Kozak, P., Fairshter, R.D. and Wilson, A.F. 1985. Role of *Alternaria* and *Penicillium* spores in the pathogenesis of asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 76: 819-825.
- Liu, G., Qian, Y., Zhang, P., Dong, Z., Shi, Z., Zhen, Y., Miao, J. and Xu, Y. 1991. Relationships between *Alternaria alternata* and oesophageal cancer. *IARC Scientific Publications*, 105: 258-262.
- Liu, G., Qian, Y., Zhang, P., Dong, W., Qi, Y. and Guo, H. 1992. Etiological role of *Alternaria alternata* in human esophageal cancer. *Chinese Medical Journal*, 105: 394-400.
- Logrieco, A., Bottalico, A., Mule, G., Moretti, A., Perrone, G. 2003. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology*, 109:645-667.
- Logrieco, A., Moretti, A., Solfrizzo, M. 2009. *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin, occurrence and risks. *World Mycotoxin Journal*, 2:129-140.
- López, P., Venema, D., de Rijk, T., de Kok, A., Scholten, J.M., Mol, H.G., de Nijs, M. 2016. Occurrence of *Alternaria* toxins in food products in The Netherlands. *Food Control*, 60: 196-204.
- Magan, N., Cayley, G.R. and Lacey, J. 1984. Effect of water activity and temperature on mycotoxin production by *Alternaria alternata* in culture and on wheat grain. *Applied and Environmental Microbiology*, 47: 1113-1117.
- Magan, N. and Baxter, E. 1994. Relationship between environmental factors and tenuazonic acid production by *Alternaria* isolates from sorghum. In: Scudamore, K.A., editor. *Occurrence and significance of mycotoxins*. Slough: Central Science Laboratories. p 309-313.
- Magan, N. and Aldred, D. 2007. Why do fungi produce mycotoxins? In: Dijksterhuis, J., Samson, R.A., editors. *Food mycology: a multifaceted approach to fungi and food*. Boca Raton: Taylor and Francis. p 121-133.
- Man, Y., Liang, G., Li, A., Pan, L. 2017. Analytical Methods for the Determination of *Alternaria* Mycotoxins. *Chromatographia*, 80:9-22.
- Mannon, J. and Johnson, E. 1985. Fungi down on the farm. *New Scientist*, 105: 12-16.
- Markham, J.E. 2001. Host-selective toxins as agents of cell death in plant-fungus interactions. *Molecular Plant Pathology*, 2(4): 229-239.
- Matysik, G. and Giryn, H. 1996. Gradient thin-layer chromatography and densitometry determination of *Alternaria* mycotoxins. *Chromatographia*, 42: 555-558.

- Medina, A., Schmidt-Heydt, M., Cárdenas-Chávez, D.L., Parra, R., Geisen, R. and Magan, N. 2013. Integrating toxin gene expression, growth and fumonisin B1 and B2 production by a strain of *Fusarium verticillioides* under different environmental factors. *Journal of the Royal Society Interface*, 10: 20130320.
- Meena, M., Zehra, A., Dubey, M.K., Aamir, M., Gupta, V.K. and Upadhyay, R.S. 2016. Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternata* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME). *Frontier Plant Science*, 7: 1408.
- Meena, M. and Samal, S. 2019. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects. *Toxicology Reports*, 6: 745-758.
- Menzies, D., Comtois, P., Pasztor, J., Nunes, F. and Hanley, J.A. 1998. Aeroallergens and work-related respiratory symptoms among office workers. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 101: 38-44.
- Moressi, M., Zon, A., Fernandez, H., Rivas, G. and Solis, V. 1999. Amperometric quantification of *Alternaria* mycotoxins with a mushroom tyrosinase modified carbon paste electrode. *Electrochemistry Communications*, 1:472-476.
- Morgan, M. R. A. 1989. Mycotoxin immunoassays (with special reference to elisas). *Tetrahedron*, 45(8): 2237-2249.
- Mujahid, C., Marie-Claude, S., Basle, Q., Woo, P.M., Yean Ee, E.C., Mottier, P., Bessaire, T. 2020. Levels of *Alternaria* Toxins in Selected Food Commodities Including Green Coffee. *Toxins*, 12:595.
- Muller, M. and Lepom, P. 1992. The detection of *Alternaria* mycotoxins in laboratory culture. *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 147:197-206.
- Müller, M.E. and Korn, U. 2013. *Alternaria* mycotoxins in wheat—a 10 years survey in the Northeast of Germany. *Food Control*, 34: 191-197.
- Newberne, P.M. and Butler, W.H. 1969. Acute and Chronic Effects of Aflatoxin on the Liver of Domestic and Laboratory Animals : A Review. *Cancer Research*, 29:236-250.
- Nishimura, S. and Kohmoto, K. 1983. Host-specific toxins and chemical structures form *Alternaria* species. *Annual Review Phytopathology*, 21: 87-116.
- Noser, J., Schneider, P., Rother, M., Schmutz, H. 2011. Determination of six *Alternaria* toxins with UPLC-MS/MS and their occurrence in tomatoes and tomato products from the Swiss market. *Mycological Research*, 27:265-271.
- Ostry, V., Skarkova, J., Prochazkova, I., Kubatova, A. and Ruprich, J. 2007. Mycobiota of Czech wine grapes and occurrence of ochratoxin A and *Alternaria* mycotoxins in fresh grape juice, must and wine. *Czech Mycology*, 59: 241.
- Ostry, V. 2008. *Alternaria* mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs. *World Mycotoxin Journal*, 1: 175-188.

- Oviedo, M., Ramirez, M., Barros, G. and Chulze, S. 2009. Effect of environmental factors on tenuazonic acid production by *Alternaria alternata* on soybean-based media. *Journal of Applied Microbiology*, 107: 1186-1192.
- Oviedo, M., Ramirez, M., Barros, G. and Chulze, S. 2010. Impact of water activity and temperature on growth and alternariol and alternariol monomethyl ether production of *Alternaria alternata* isolated from soybean. *Journal of Food Protection*, 73: 336-343.
- Oviedo, M.S., Ramirez, M.L., Barros, G.G. and Chulze, S.N. 2011. Influence of water activity and temperature on growth and mycotoxin production by *Alternaria alternata* on irradiated soya beans. *International Journal of Food Microbiology*, 149: 127-132.
- Oviedo, M.S., Sturm, M.E., Reynoso, M.M., Chulze, S.N. and Ramirez, M.L. 2013. Toxigenic profile and AFLP variability of *Alternaria alternata* and *Alternaria infectoria* occurring on wheat. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44:447-455.
- Patriarca, A., Medina, A., Pinto, V.F. and Magan, N. 2014. Temperature and water stress impacts on growth and production of altertoxin-II by strains of *Alternaria tenuissima* from Argentinean wheat. *World Mycotoxin Journal*, 7: 329-334.
- Pero, R., Posner, H., Blois, M., Harvan, D. and Spalding, J. 1973. Toxicity of metabolites produced by the "Alternaria". *Environmental Health Perspectives*, 4: 87-94.
- Pinto, V.E.F. and Patriarca, A. 2017. *Alternaria* Species and Their Associated Mycotoxins: *Mycotoxigenic Fungi: Methods and Protocols*. Ed: Moretti, A., Susca, A., New York, USA: Springer Science+Business Media LLC., pp: 13-32.
- Pose, G., Patriarca, A., Kyanko, V., Pardo, A. and Pinto, V.F. 2010. Water activity and temperature effects on mycotoxin production by *Alternaria alternata* on a synthetic tomato medium. *International Journal of Food Microbiology*, 142: 348-353.
- Pryor, B.M. and Gilbertson, R.L. 2000. Molecular phylogenetic relationships amongst *Alternaria* species and related fungi based upon analysis of nuclear ITS and mt SSU rDNA sequences. *Mycological Research* 104:1312-1321.
- Rahman, H.U., Yue, X., Yu, Q., Xie, H., Zhang, W., Zhang, Q., Li, P. 2019. Specific antigen-based and emerging detection technologies of mycotoxins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99:4869-4877.
- Rivoire, B., Attucci, S., Anthonioz, P., Carre, P., Lemarie, E. and Hazouard, E. 2001. Occupational acute lung injury due to *Alternaria alternata*: early stage of organic dust toxic syndrome requires no corticosteroids. *Intensive Care Medicine*, 27: 1236.
- Rychlik, M., Lepper, H., Weidner, C., Asam, S. 2016. Risk evaluation of the *Alternaria* mycotoxin tenuazonic acid in foods for adults and infants and subsequent risk management. *Food Control*, 68:181-185.

- Sanchis, V. and Magan, N. 2004. Environmental profiles for growth and mycotoxin production: *Mycotoxins in food: detection and control*, Ed: Magan, N., Olsen, M., Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., pp: 174-189.
- Sauer, D.B., Seitz, L.M., Burroughs, R., Mohr, H.E., West, J.L., Milleret, R.J. and Anthony, H.D. 1978. Toxicity of *Alternaria* metabolites found in weathered sorghum grain at harvest. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26: 1380-1383.
- Schrader, T., Cherry, W., Soper, K. and Langlois, I. 2006. Further examination of the effects of nitrosylation on *Alternaria alternata* mycotoxin mutagenicity in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 606: 61-71.
- Scott, P. M. 1995. Mycotoxin methodology. *Food Additives and Contaminants*, 12(3): 395-403.
- Scott, P.M., Weber, D., Kanhere, S.R. 1997. Gas chromatography-mass spectrometry of *Alternaria* mycotoxins. *Journal of Chromatography A*, 765:255-263.
- Simmons, E.G. 1992. *Alternaria* taxonomy: current status, viewpoint, challenge: *Alternaria biology, plant diseases and metabolites*, Ed: Chelkowski, J. and Visconti, A., Amsterdam, Elsevier Science Publisher, pp: 1-35.
- Sivagnanam, K., Komatsu, E., Rampitsch, C., Perreault, H., Grafenhan, T. 2017. Rapid screening of *Alternaria* mycotoxins using MALDI-TOF mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97:357-361.
- Skarkova, J., Ostry, V. and Prochazkova, I. 2005. Planar chromatographic determination of *Alternaria* toxins in selected foodstuffs. In: *Proceedings of the international symposium on planar separations, planar chromatography, milestones in instrumental TLC*. Siofok, Hungary: RIMP. p 29-31.
- Smith, J.E., Solomons, G., Lewis, C. and Anderson, J.G. 1995. Role of Mycotoxins in Human and Animal Nutrition and Health. *Natural Toxins*, 3:187-192.
- Solfrizzo, M., De Girolamo, A., Vitti, C., Visconti, A. and van den Bulk, R. 2004. Liquid chromatographic determination of *Alternaria* toxins in carrots. *Journal of AOAC International*, 87: 101-106.
- Solhaug, A., Vines, L.L., Ivanova, L., Spilsberg, B., Holme, J.A., Pestka, J., Collins, A., Eriksen, G.S. 2012. Mechanisms involved in alternariol-induced cell cycle arrest. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 738-739:1-11.
- Somma, S., Pose, G., Pardo, A., Mulè, G., Pinto, V.F., Moretti, A. and Logrieco, A.F. 2011. AFLP variability, toxin production, and pathogenicity of *Alternaria* species from Argentinean tomato fruits and puree. *International Journal of Food Microbiology*, 145: 414-419.
- Stack, M.E., Mislivec, P.B., Roach, J.A. and Pohland, A.E. 1985. Liquid chromatographic determination of tenuazonic acid and alternariol methyl ether in tomatoes and tomato products. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 68: 640-642.

- Steyn, P. and Stander, M. 1999. Mycotoxins with special reference to the carcinogenic mycotoxins: aflatoxins, ochratoxins and fumonisins. *General and Applied Toxicology*. 2nd Edition United Kingdom: Macmillan Reference Ltd:2145-2176.
- Sydenham, E.W. and Shephard, G.S. 1996. Chromatographic and allied methods of analysis for selected mycotoxins; *Progress in Food Contaminant Analysis*, Ed: J. Gilbert, Norwich, UK, Blackie Academic&Professional, pp: 65-146.
- Tatlıdil, S., Bıçakçı, A., Akkaya, A. ve Malyer H. 2001. Burdur Atmosferindeki Allerjen Cladosporium sp. ve Alternaria sp. Sporları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 8: 1-3.
- Thomma, B.P. 2003. Alternaria spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, 4: 225-236.
- Tsuge, T., Harimoto, Y., Akimitsu, K., Ohtani, K., Kodama, M., Akagi, Y., Egusa, M., Yamamoto, M. and Otani, H. 2013. Host-selective toxins produced by the plant pathogenic fungus Alternaria alternata. *FEMS Microbiology Reviews*, 37: 44-66.
- Tunail, N. 2000. Funguslar ve mikotoksinler. *Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları*, Genişletilmiş 2: 1-50.
- Turner, N.W., Subrahmanyam, S., Piletsky, S.A. 2009. Analytical methods for determination of mycotoxins: A review. *Analytica Chimica Acta*, 632(2): 168-180.
- Visconti, A., Sibilia, A., Palmisano, F. 1991. Selective determination of altertoxins by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection with dual "in-series" electrodes. *Journal of Chromatography A*, 540: 376-382.
- Vlata, Z., Porichis, F., Tzanakakis, G., Tsatsakis, A. and Krambovitis, E. 2005. In vitro cytopathic effects of mycotoxin T-2 on human peripheral blood T lymphocytes. *Toxicological Letters*, 160(1): 60-68.
- Vlata, Z., Porichis, F., Tzanakakis, G., Tsatsakis, A. and Krambovitis, E. 2006. A study of zearalenone cytotoxicity on human peripheral blood mononuclear cells. *Toxicological Letters*, 165(3): 274-281.
- Walravens, J., Mikula, H., Rychlik, M., Asam, S., Ediage, E.N., Di Mavungu, J.D., Van Landschoot, A., Vanhaecke, L. and De Saeger, S. 2014. Development and validation of an ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometric method for the simultaneous determination of free and conjugated Alternaria toxins in cereal-based foodstuffs. *Journal of Chromatography A*, 1372: 91-101.
- Wang, Y-J., Nie, J-Y., Zhen, Y., Li, Z-X., Cheng, Y. and Farooq, S. 2018. Multi-mycotoxin exposure and risk assessments for Chinese consumption of nuts and dried fruits. *Journal of Integrative Agriculture*, 17:1676-1690.
- Warth, B., Parich, A., Atehnkeng, J., Bandyopadhyay, R., Schuhmacher, R., Sulyok, M., Krska, R. 2012. Quantitation of mycotoxins in food and feed from Burkina Faso and Mozambique using a modern LC-MS/MS multitoxin method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60:9352-9363.
- Wojciechowska, E., Weinert, C.H., Egert, B., Trierweiler, B., Schmidt-Heydt, M., Horneburg, B., Graeff-Hönninger, S., Kulling, S.E. and Geisen, R. 2014. Chlorogenic acid, a metabolite identified by untargeted

- metabolome analysis in resistant tomatoes, inhibits the colonization by *Alternaria alternata* by inhibiting alternariol biosynthesis. *European Journal of Plant Pathology*, 139: 735-747.
- Yamagishi, D., Akamatsu, H., Otani, H., and Kodama, M. 2006. Pathological evaluation of host-specific AAL-toxins and fumonisin mycotoxins produced by *Alternaria* and *Fusarium* species. *Journal of General Plant Pathology*, 72: 323–326. doi: 10.1007/s10327-006-0291-y
- Yoder, O. 1980. Toxins in pathogenesis. *Annual Review of Phytopathology*, 18: 103-129.
- Yu, W., Yu, F-Y., Undersander, D.J. and Chu, F.S. 1999. Immunoassays of selected mycotoxins in hay, silage and mixed feed. *Food and Agricultural Immunology*, 11: 307-319.
- Zhang, Y., Li, H., Zhang, J., Shao, B. 2019. Determination of *Alternaria* toxins in drinking water by ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Environmental Science and Pollution Research*, 26:22485-22493.
- Zhao, X., Liu, D.L., Yang, Y., Zhang, L., Yang, M. 2022. Detection of seven *Alternaria* toxins in edible and medicinal herbs using ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry: X*, 13:100186.
- Zur, G., Hallerman, E.M., Sharf, R., and Kashi, Y. 1999. Development of a polymerase chain reaction-based assay for the detection of *Alternaria* fungal contamination in food products. *Journal of Food Protection*, 62: 1191-1197.



Süt Ürünlerinin Zenginleştirilmesinde Kullanılan Baharatların Fonksiyonel Etkileri^A

Nihal KANAT^{1*}, Lütfiye YILMAZ-ERSAN², Tülay ÖZCAN³

Öz: Gıdalara tat ve aroma vermek amacı ile kullanılan baharatların aynı zamanda antimikrobiyal, antioksidan, antitumöjenik, antiinflamatuvar ve bağışıklık düzenleyici gibi özelliklere sahip olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar baharatların çok sayıda biyoaktif bileşen (fenolik bileşenler, karotenoidler gibi) içerdiğini göstermektedir. İçermiş oldukları biyoaktif bileşenler sayesinde baharatlar ilave edildikleri gıdaların raf ömrünün uzatılmasına ve oksidasyon reaksiyonlarına karşı korunmasına da katkı sağlamaktadır. Tüketicilerin doğal içeriğe sahip gıdalara karşı artan talebi baharatlara olan ilgiyi de arttırmakta ve süt ürünlerinde doğal bir ingredient olarak kullanılmalarına yönelik araştırmalar da önem kazanmaktadır. Bu derlemede, multifonksiyonel özellikli baharatların süt ve ürünlerindeki fonksiyonel etkileri üzerine bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baharatlar, süt ürünleri, fonksiyonel etki.

Functional Effects of Spices Used in Fortification of Dairy Products

Abstract: It has been stated in various studies that spices have been used to give flavor and aroma to foods also and have properties such as antimicrobial, antioxidant, antitumagenic, anti-inflammatory, and

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Nihal KANAT, Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Bursa, Türkiye, nihalkanat@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6321-1337](https://orcid.org/0000-0002-6321-1337)

² Lütfiye YILMAZ ERSAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, lutfiyey@uludag.edu.tr [OrcID 0000-0002-8482-5055](https://orcid.org/0000-0002-8482-5055)

³ Tülay ÖZCAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, tulayozcan@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0223-3807](https://orcid.org/0000-0002-0223-3807)

Atıf/Citation: Kanat, N., Yılmaz-Ersan, L. ve Özcan, T. 2023. Süt Ürünlerinin Zenginleştirilmesinde Kullanılan Baharatların Fonksiyonel Etkileri. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 221-239.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1122835>

immunomodulatory. Studies show that spices have many bioactive components (such as phenolic compounds, carotenoids). Their bioactive components contribute to extending the shelf life and protecting against oxidation reactions of the foods. As the demand of consumers is increasing for natural foods, research on the use of spices as a natural ingredient in dairy products is gaining importance. In this review, it is aimed to give information on the functional effects of spices with multifunctional properties used in dairy and dairy products.

Keywords: Dairy products, spices, functional effect.

Giriş

Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların sosyal ve ekonomik yaşamlarında sanayileşme ve hızlı kentleşme önemli etkilere neden olmaktadır. Yaşam tarzında meydana gelen bu değişiklikler nedeniyle insanlar obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik hastalıklara daha yatkın hale gelmektedir. Hastalık risklerinin artış göstermesi, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş gıdalara karşı olan ilginin artmasına neden olmaktadır. Son yıllarda tüketiciler, temel beslenmenin ötesinde sağlık üzerine olumlu etkiler gösteren gıda ya da gıda bileşenlerine daha fazla ilgi duymaktadır (Sawale ve ark., 2020). Tüketicilerinin beslenme konusunda farkındalığının artması ve fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş gıdalara yönelmesi nedeniyle pek çok gıdada olduğu gibi süt ve ürünlerinde de yeni ürün tasarlama çalışmaları yapılmaktadır. Son yıllarda hayvansal süt ürünlerinin besin içeriğinin artırılması ve antioksidan/ antimikrobiyal gibi özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, biyoaktif bileşenler, fitokimyasallar ve diyet lifleri gibi bileşenlerce zengin bitkisel ürünler ile fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesinde artış görülmektedir (Yılmaz Ersan ve Topçuoğlu, 2019). Aynı zamanda, üretim prosesinde kimyasal ve yapay koruyuculara karşı olumsuz tüketici tepkileri ve bazı kimyasal koruyucuların güvenliği ile ilgili artan endişeler; ürünün raf ömrünün korunması veya uzatılması için 'doğal' ve 'yeşil' alternatifleri içeren daha fazla seçeneğin dikkate alınmasına da neden olmaktadır. Bu kapsamda, fonksiyonel süt ürünlerinin bileşiminin zenginleştirilmesi ve proses sürecinin iyileştirilmesi amacı ile alternatif doğal katkıların kullanımı üzerine yapılan çalışmaların sayısı da artış göstermektedir (Mahmoudi ve ark., 2017; Kaptan ve Sivri, 2018; Rathod ve ark., 2019).

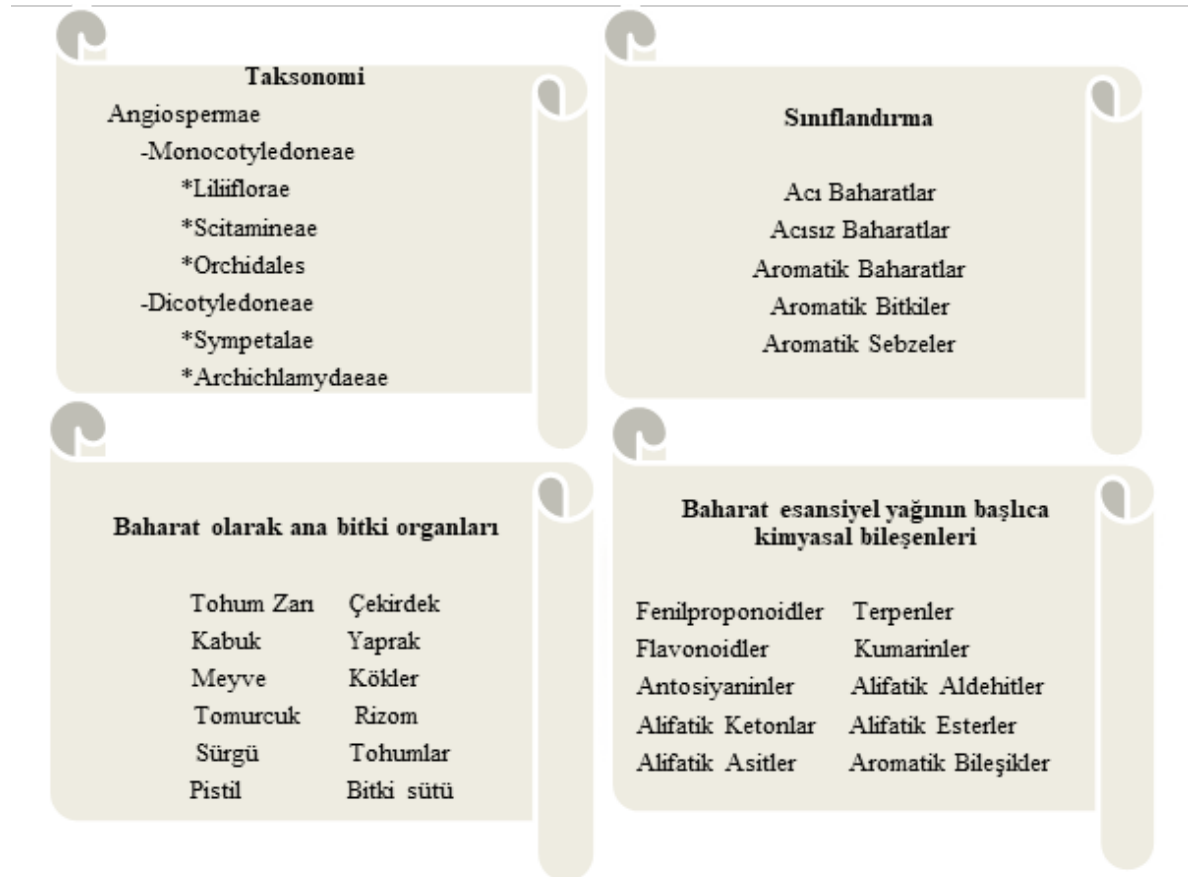
Aromatik bitkiler grubunda yer alan baharatlar, koruyucu olarak ve gıdalara lezzet ve görsel çekicilik kazandırmak için kullanılmaktadır. Baharatlar sadece gıda endüstrisi için değil aynı zamanda ilaç, kozmetik endüstrileri için de önemli katkı maddeleri olarak kabul edilmektedir. Baharatlar zengin fitokimyasal profilleri nedeniyle en önemli tıbbi bitkiler grubunu oluşturmaktadır (Idowu ve ark., 2021). Fitokimyasallar; flavonoidler, fenolik bileşenler, karotenoidler, bitki steroller, glukozinolatlar ve diğer kükürt bileşiklerini içeren biyoaktif bileşenlerdir (Amiri ve ark., 2021). Bu bileşikler, tıbbi ve antioksidan özellik gösteren biyoaktifleri içermeleri nedeni ile oksidasyon reaksiyonlarını azaltmakta ve gıdaların raf ömrünü uzatmaya yardımcı olmaktadır. Ayrıca yaşlanma karşıtı ajan olarak işlev görmek ve bulaşıcı olmayan hastalık riskini de azaltmaktadır (Oraon ve ark., 2017; Arachchige ve ark., 2021). Gıdalarda baharatların kullanımına ilişkin ilk bilimsel araştırma 1880'lerde

yapılmış olup, çalışmada tarçın yağının *Bacillus anthracisspores*'a karşı antimikrobiyal özellikleri araştırılmıştır. Çeşitli araştırmalarda antimutajenik, antienflamatuar, antioksidan ve bağışıklık düzenleyici özellikleri sayesinde insan sağlığına yararlı etkileri nedeniyle baharatların kullanımı önerilmektedir (Conn, 1995; El-Sayed ve Youssef, 2019).

Baharatların Tanımlanması, Sınıflandırılması ve Özellikleri

Cenevre merkezli Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), baharatları ve çeşnileri “gıdalara tat vermek, çeşnilendirmek ve aroma vermek için kullanılan, yabancı madde içermeyen bitkisel ürünler veya bunların karışımları” olarak tanımlamaktadır (Peter ve Shylaja, 2012). Türk Gıda Kodeksi’ nde ise “çeşitli bitkilerin tohum, tomurcuk, çekirdek, meyve, çiçek, kabuk, kök, gövde, rizom, yumru, yaprak, sap, soğan gibi kısımlarının kurutulup; bütün halde ve/veya ufalanması ve/veya öğütülmesi ile elde edilen gıdalara renk, tat, koku ve lezzet vermek için kullanılan ürünler” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2022a).

Baharatlar botanik adı, hasat dönemi, yetiştirilme koşulları, bitkinin elde edildiği kısmı ve geleneksel sınıflandırmaya bağlı olarak pek çok gruba ayrılabilir (Arachchige ve ark., 2021). Baharatların farklı özelliklerine göre sınıflandırılmaları Şekil 1 ile Çizelge 1 ve 2’de verilmektedir.



Şekil 1: Baharatların sınıflandırılması (Jessica Elizabeth ve ark., 2017)

Çizelge 1. Baharatların geleneksel sınıflandırması (Peter ve Shylaja, 2012)

Sınıflandırma	Baharatlar
Acı Baharatlar	Acı Kırmızı Biber (<i>Chillies</i>), Arnavut Biberi (<i>Cayenne pepper</i>), Siyah ve Beyaz Biber, Zencefil
Acısız Baharatlar	Kırmızı Tatlı Biber (<i>Paprika</i>), Kişniş
Aromatik Baharatlar	Yenibahar (<i>Pimento</i>), Kakule, Çin Tarçını, Tarçın, Karanfil, Kimyon, Dereotu, Rezene, Çemen, Topuz (<i>Mace</i>), Hindistan Cevizi
Aromatik Bitkiler	Fesleğen, Defne Yaprağı, Dereotu Yaprağı, Mercanköşk, Tarhun Otu, Kekik
Aromatik Sebzeler	Soğan, Sarımsak, Arpacık, Kereviz

Baharat terimi aromatik bitkileri ifade etse de, aromatik bitkiler ve baharatlar arasında farklılıklar bulunmaktadır. Baharatlar bitkinin ağaç kabuğu, tomurcuk, çiçek, meyve, yaprak, rizom, kök, tohum, stigma ve stil veya bitkinin yerin üstünde yetişen bütün kısımları dahil olmak üzere birçok bölümünden elde edilebilir. Bu tanım geniş kapsamlı olup, bitkinin hemen hemen tüm kısımlarını kapsamaktadır (Peter ve Shylaja, 2012). Aromatik bitkiler ise gıdalara tat ve koku vermek için kullanılan aroma oluşturan bitkilerin kurutulmuş yaprakları olarak tanımlanabilmektedir. Aromatik bitkiler terimi, baharatların bir alt kümesi olarak kullanılmakta olup, aromatik yapraklı bitkileri de ifade etmektedir (Darriet, 2007).

Baharatlar genellikle kurutulmakta ve tam işlenmiş bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ham baharatın (ıslak ya da kuru) damıtılarak esansiyel yağlar gibi ekstraktların hazırlanması ya da oleoresinleri ve diğer standardize edilmiş ürünleri ekstrete etmek için çözücülerin kullanılması şeklinde de baharatlardan da yararlanılmaktadır (Darriet, 2007). Esansiyel yağlar, baharatın aromatik özelliklerinden sorumlu olan, uçucu bileşiklerinin bir karışımıdır (Arachchige ve ark., 2021). Esansiyel yağlar, bitki kısımlarının (yapraklar, gövdeler, ağaç kabuğu, tohumlar, meyveler, kökler ve bitki eksüdalaları) buhar ya da su distilasyonunun sıvı ürünleridir ve çok fazla sayıda kimyasal bileşik içerebilmektedir. Bu karmaşık bileşiklerin karışımı yağa karakteristik tat ve kokusunu vermektedir (Darriet, 2007).

Çizelge 2. Bazı baharat ve uçucu yağ ürünleri ile elde edildikleri bitkilerin kısımları (Darriet, 2007)

Türler	Yaygın İsim	Familya	Yaşam Biçimi	Kullanılan bitki parçası	Ürün
MEYVE VE TOHUM KISIMLARI					
<i>Anethum graveolens</i>	Dereotu	Apiaceae	Tek yıllık bitki	Yaprak, tohum	S, EO, O, C, A
<i>Apium graveolens</i>	Kereviz	Apiaceae	İki yıllık bitki	Açıkta büyüyen kısımlar, tohum	S, EO, O
<i>Brassica nigra</i>	Siyah hardal	Brassicaceae	Tek yıllık bitki	Tohum	S, EO, A
<i>Capsicum frutescens</i>	Kırmızıbiber	Solanaceae	Tek yıllık bitki	Meyve	S, O
<i>Citrus aurantifolia</i>	Misket limonu	Rutaceae	Çok yıllık ağaç	Meyve kabuğu	EO
<i>Citrus limon</i>	Limon	Rutaceae	Çok yıllık ağaç	Meyve kabuğu	S, EO
<i>Coriandrum sativum</i>	Kişniş	Apiaceae	Tek yıllık bitki	Meyve, Yaprak	S, EO, O, E
<i>Cuminum cyminum</i>	Kimyon	Apiaceae	Tek yıllık bitki	Meyve	S, EO, O, E
<i>Foeniculum vulgare</i>	Rezene	Apiaceae	İki yıllık bitki	Tohum	S, EO, E
<i>Nigella sativa</i>	Çörekotu	Ranunculaceae	Tek yıllık bitki	Tohum	S
<i>Petroselinum crispum</i>	Maydanoz	Apiaceae	İki yıllık bitki	Açıkta büyüyen kısımlar, tohum	EO
<i>Sesamum indicum</i>	Susam	Pedaliaceae	Tek yıllık bitki	Tohum	S, E
<i>Trigonella foenumgraecum</i>	Çemenotu	Fabaceae	Tek yıllık bitki	Tohum	S, EO, O
<i>Vanilla planifolia</i>	Vanilya	Orchidaceae	Çok yıllık bitki	Meyve	S, EO, R, E,
YAPRAK VE SAP KISIMLARI					
<i>Acinos suaveolens</i>	Nane	Lamiaceae	Çok yıllık bitki	Yaprak	EO
<i>Anethum graveolens</i>	Dereotu	Apiaceae	Tek yıllık bitki	Yaprak, tohum	S, EO, O, C, A
<i>Cinnamomum verum</i>	Tarçın	Lauraceae	Çok yıllık ağaç	Yaprak, kabuk	S, EO, O
<i>Coriandrum sativum</i>	Kişniş	Apiaceae	Tek yıllık bitki	Meyve, yaprak	S, EO, O, E
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanta	Lamiaceae	Çok yıllık çalı	Açıkta büyüyen kısımlar	EO
<i>Origanum vulgare</i>	Kekik	Lamiaceae	Çok yıllık çalı	Açıkta büyüyen kısımlar	EO, O, E
<i>Petroselinum crispum</i>	Maydanoz	Apiaceae	İki yıllık bitki	Açıkta büyüyen kısımlar, tohum	EO
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Biberiye	Lamiaceae	Çok yıllık çalı	Açıkta büyüyen kısımlar	S, EO
<i>Portulaca oleracea</i>	Semizotu	Portulacaceae	Tek yıllık bitki	Yaprak	S
<i>Thymus vulgaris</i>	Yaygın kekik	Lamiaceae	Çok yıllık çalı	Açıkta büyüyen kısım	S, EO
KÖK VE RİZOM KISIMLARI					
<i>Alpinia zerumbet</i>	Kabuklu Zencefil	Zingiberaceae	Çok yıllık bitki	Rizomlar, Çiçekler	S, EO, O
<i>Curcuma longa</i>	Zerdeçal	Zingiberaceae	Çok yıllık bitki	Rizomlar	S, EO, O,E
<i>Panax ginseng</i>	Ginseng	Araliaceae	Çok yıllık bitki	Kök	S
<i>Wasabia japonica</i>	Wasabi	Brassicaceae	Çok yıllık bitki	Rizomlar	S
<i>Zingiber officinale</i>	Zencefil	Zingiberaceae	Çok yıllık bitki	Rizomlar	S, EO, A, O, E

A: saf; C: katı; E: ekstrakt; EO: esansiyel yağ; O:oleoresin; R: reçine; S: baharat

Baharatlar pek çok makro ve mikro besin bileşenini yüksek oranda içermektedir. Özellikle çoğu diyet lifleri, protein benzeri makro besinlerin yanı sıra vitaminler, mineraller (kalsiyum, demir, magnezyum, çinko vb.), polifenoller açısından zengindirler. Bunun dışında tohumlardan elde edilen baharatlar ise zengin yağ, protein ve karbonhidrat kaynaklarıdır (Arachchige ve ark., 2021). Buna ek olarak, baharatlar antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşikler de yüksek miktarda içermektedirler (Bais ve ark., 2018). Baharatların içerdiği temel bileşenler **Çizelge 3**, esansiyel yağ içeriği **Çizelge 4** ve oleoresin içerikleri ise **Çizelge 5**'de verilmiştir (Arachchige ve ark., 2021).

Çizelge 3. Baharatların içerdiği önemli bileşikler ve bazı fonksiyonel etkileri

Bileşik	Açıklama	
Asitler	Ekşi tat, genellikle antiseptik	Glutamik asit (rezene, hardal, çemen gibi birçok baharatta bulunur)
Alkoloidler	Alkali azotlu bileşiklere dayalı acı tat	Biber- Piperin
Flavonlar	Acı veya tatlı tat, İdrar söktürücü, antiseptik ve antiinflamatuvar	Biberiye, Kekik
İridode ve seskiterpenler	Acı tat, sindirimi artırıcı	Zerdeçal, Çemen otu
Kumarin	Antibakteriyel, antiptihlastırıcı	Tarçın
Antrakininon	Acı ve boyar madde Tahriş edici ve laksatif	Ravent
Glikozitler	Acı bileşikler Kardiyak glikozit; kalp atış hızını, solunumu, kalp yapısını etkiler. Kükürt içeren glikozitler; antibiyotik etkilere sahiptir	Ravent
Gamlar ve musilaj	Yumuşak, yapışkan veya sümüksü, yatıştırıcı ve yumuşatıcı	Zencefil
Reçineler (oleo-reçineleri ve oleo-sakızı reçineleri)	Kanama durdurucu, antiseptik	Kakule
Saponinler	Tatlı ve suda sabunlu Antiinflamatuvar ve idrar söktürücü	Hardal, Çemen
Tanenler	Genellikle sıkılaştırıcı ve antiseptik	Vanilya, Tarçın
Uçucu yağlar	Aromatik, antiseptik, fungisidal, tahriş edici ve uyarıcı	Karanfil, Tarçın

Çizelge 4. Baharatların esansiyel yağ içeriği

Baharatlar	Esansiyel Yağ İçeriği
Karabiber	% 2-3
Zencefil	% 1.8
Kakule	% 11
Tarçın (kabuk)	% 2.8
Karanfil	tomurcuk-% 15–20, yaprak- % 3.0–4.8, meyve- % 2.0, kök- % 6
Kişniş	% 1-3
Kimyon	% 2.3-5
Dereotu	% 1-8
Sarımsak	% 0.1-0.4
Zerdeçal	% 3-5
Hardal	% 1.7
Hindistan cevizi	% 16
Rezene	% 6
Çemen Otu	% 0.2-0.3
Safran	% 0.4-1.5

Çizelge 5. Baharatların oleoresin içeriği

Baharat	Miktarı	Oleoresinin özellikleri	Fonksiyonel etki
Karabiber	% 6-13	Kalın/viskoz, yeşil renkli sıvı, keskin aroma	Antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal
Zencefil	% 6.5 Gingerol ve sogaol	%20-25 oranında uçucu yağ içeren koyu kahverengi, viskoz sıvı	Antiinflamatuvar, antioksidan, antitromboz, hafıza bozuklukları, öksürük ve hiperlipidemi üzerine olumlu etki
Kırmızıbiber	% 11.5-16.5	Tipik biber aroması ile parlak kırmızı renge sahip viskoz sıvı yağ	Burkulma, artrit, morarma veya sırt ağrısına neden olan kas veya eklem ağrıları ve sinir sistemi üzerine olumlu etki
Kakule		Koyu kahverengi oleoresin, tatlı baharatlı, sıcak bir kokuya sahip sarı bir sıvı	Antibakteriyal, antifungal, ateş, sindirim ve idrar bozukluklarının tedavisi
Tarçın	% 10-12	Koyu kırmızımsı kahverengi toz	Antifungal, antibakteriyal, antioksidan kan şekeri seviyesini kontrol edici
Karanfil	% 22-31	Daha fazla aroma maddesi içeren son derece konsantre ürün	Antiseptik, antibiyotik ve antiviral ağız sağlığı, artrit, astım, akneler ve ağrılar üzerine olumlu etki
Kişniş	% 1.5	Kahverengimsi-sarı sıvı	Antioksidan ve pigment
Zerdeçal	% 7-15	Turuncu-kırmızı renk üstte yağlı bir tabaka ve altta kristal tabaka içerir	Tatlandırıcı ve renklendirici ajan olarak kullanılır, kan şekeri seviyesini, karın yağ kütlelerini azaltır.
Hindistan cevizi	% 18 ile 26 (etanol ile ekstrakte edilir)	Baharat kokulu sarı-kırmızımsı kahverengi viskoz sıvı	Gıda endüstrisinde renklendirici ve aroma verici madde olarak kullanılır. Böbrek ve sindirim sorunları için bir tedavi edici olarak kullanılır.

Baharatların Süt Ürünlerinde Kullanımına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Baharatların kullanımına ilişkin ilk gerçek kayıt, Mısır'daki piramidal çağa kadar uzanmaktadır. Bu dönemde işçilere sağlıklarını korumaları için soğan ve sarımsak yedirilirken, ölümlerin mumyalanması için ise tarçın kullanılmıştır. Daha sonra ise baharatların gıda katkı maddesi olarak ilk kullanımı, antimikrobiyal özelliklerinden dolayı etin korunması amacıyla olmuştur (Peter ve Shylaja, 2012). Zamanla tüketicilerin kimyasal katkı maddelerine olan olumsuz tutumu nedeni ile baharatlar, gıda endüstrisinde doğal renk, tat, antimikrobiyal ve antioksidan zenginleştirici olarak önem kazanmıştır (Şekil 2) (Peter ve Shylaja, 2012).



Şekil 2. Baharatların gıda katkı maddesi olarak kullanımı (Anonim, 2022b)

Süt ürünlerinde baharatların kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda baharatın kendisi, yağı/esansiyel yağı ya da ekstrakt formu kullanılabilir. Karanfil, kakule, tarçın, çemen otu, biber, maydanoz, sarımsak, dereotu, biberiye gibi baharat ve aromatik bitkilerin yağları, karışımları, ekstraktları ve toz formları; peynir, yoğurt, tereyağı ve dondurma gibi süt ürünlerinde i) raf ömrünü arttırıcı, ii) lezzet verici, iii) antioksidatif etki, iv) oksidatif stabiliteyi geliştirici ve v) doğal koruyucu özellikleri nedeni ile yaygın olarak kullanılabilirler (Idowu ve ark., 2021).

Tereyağında güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle kekik kullanılması ve dondurma üretiminde taç yapraklarında bulunan sarı pigmentlerden elde edilen doğal kartamidin boyası nedeniyle aspir kullanılması bu ürünlerin katma değerini arttırmaktadır. Kekikten elde edilen esansiyel yağın *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus sake*, *Lactobacillus plantarum*, *Yersinia enterocolitica*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Micrococcus luteus*'a karşı antimikrobiyal etkisi ile nane, kimyon, rezene ve defneden elde edilen esansiyel yağların *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris* ve *Bacillus subtilis*'e karşı antimikrobiyal etkisi ürünlerin mikrobiyal kalitesi açısından oldukça önemli olarak saptanmıştır (Kaptan ve Sivri, 2018).

Tüketicilerin, daha düşük çevresel etki yaratan malzemelerle paketlenmiş, koruyucu içermeyen ve yüksek kaliteli gıda ürünlerini tercih etmesi, biyopolimerik malzemelerin antimikrobiyal paketleme sistemlerinde uygulanmasına yönelik araştırmalara da konu olmuştur (Kuorwel ve ark., 2013). Son yıllarda, gıda ambalajlarında yenilebilir malzemelerin kullanımına olan ilgi giderek artmaktadır. Peynir endüstrisi, yenilebilir film ve kaplama malzemelerinin uygulanması için iyi bir fırsata sahip sektörlerden biridir. Yenilebilir kaplamalar ve filmler, yenilebilirliklerinin yanı sıra, oksijen ve karbondioksit değişim hızının kontrolü ile ağırlık kaybını azaltmak ve mikrobiyolojik bozulmayı önlemek için ve antimikrobiyal bileşiklerin taşıyıcısı olarak kullanılabilir (Costa ve ark., 2018). Raf ömrü boyunca patojen ya da bozulmaya neden olan mikroorganizmaları kontrol etmek için bir pakete uçucu bir antimikrobiyal madde eklendiğinde, bu madde gıdanın yüzeyine nüfuz etme ve difüzyon yoluyla salınmaktadır. Nişasta bazlı filmlere dahil edilmiş veya kaplanmış karvakrol, timol veya linalolün migrasyonunun araştırılması amacıyla yapılan bir çalışmada linalol, karvakrol ve timol gibi esansiyel yağlar, nişasta bazlı bir kaplamaya dahil edilerek Cheddar peyniri yüzeyine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda nişasta bazlı filmlerden karvakrol, timol ve linalool salınımlarının yüksek derecede verimli olması, bu sistemlerin gıda ürünlerinin antimikrobiyal ambalajlarında raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal kontaminasyonla bağlantılı gıda kaynaklı hastalık riskini azaltmak için büyük potansiyeli olduğunu göstermiştir (Kuorwel ve ark., 2013).

% 3 yağ oranına standardize edilmiş inek sütünün bileşimine farklı oranlarda zencefil suyunun ilave edildiği bir çalışmada [süt:zencefil suyu; 98:2, 96:4, 94:6 ve 92:8], zencefil suyu oranının artması ile aromalı sütün toplam kuru madde, yağsız kuru madde, kül ve asit değerlerinin arttığı, yağ ve protein içeriği ile pH değerinin ise azaldığı saptanmıştır. Yapılan duyuşsal değerlendirme sonucu, kullanılan zencefil suyu miktarlarının ürünün aroma, tat, kıvam, ağızda bıraktığı his, renk ve görünüm ile genel kabul edilebilirlik gibi özellikleri üzerine olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir (Rathod ve ark., 2019).

Pastörize sütün besin değeri UHT süttten daha yüksek olmasına karşın, raf ömrü daha kısa olmaktadır. Yapılan bir araştırmada pastörize sütlere çeşitli oranlarda UV ışın altında sterilize edilmiş toz tarçın (*Cinnamomum verum*) ilave edilerek, tarçının sütün raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan pastörize süt örneklerine % 0.2, % 0.5 ve % 1 oranlarında toz tarçın ilave edilerek 4 °C'de 25 gün süre ile depolanmıştır. Depolamanın 0., 2., 5., 7., 10., 15., 18., 21. ve 25. günlerinde pH, toplam aerobik mezofilik, *Lactobacillus* ve *Lactococcus* cinsi bakteriler ile maya ve küf sayıları araştırılmıştır. Yapılan kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal analizler sonucu, toz tarçın ilave edilmiş örneklerde depolama süresince pH analizi ile toplam aerobik mezofilik, laktik asit ve *Lactococcus* cinsi bakteriler ile maya ve küf sayılarının kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre ise depolamanın ilk günü tarçın ilave edilmeyen örnek beğenilirken, depolama süresince % 0,2 tarçın ilaveli süt en beğenilen örnek olarak saptanmıştır (Akarca ve ark., 2015).

İnek, manda ve keçi sütüne, farklı oranlarda zencefil (*Zingiber officinale*) ve kırmızı pancar (*Beta vulgaris*) ilave edilerek üretilen yoğurtlarda, bitkisel ekstrakt ilavesinin ürünün antioksidan özelliklerini önemli ölçüde değıştirdiği belirlenmiştir. İnek, manda ve keçi sütü yoğurdu arasında, maksimum antioksidan aktivite; % 2 oranında zencefil ve pancar kökü ilaveli keçi sütü yoğurdunda tespit edilmiş olup, bu örneği zenginleştirilmiş inek ve manda sütü yoğurtları izlemiştir (Srivastava ve ark., 2015).

Park ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada %2 oranında kırmızı ginseng takviyesi yapılan süt ve yoğurt örneklerinin antioksidan ve antijenotoksik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Numunelerin toplam fenolik içeriği, toplam flavonoid içeriği, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal temizleme aktivitesi, oksijen radikali absorbans kapasitesi ve toplam radikal yakalama antioksidan potansiyeli belirlenmiştir. Ayrıca, insan lökositlerinde komet testi kullanılarak örneklerin antijenotoksik etkisi ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre ekstrakt ilaveli süt ve yoğurt numunelerinin, ekstrakt ilave edilmemiş numunelere kıyasla daha yüksek toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra hem süt hem de yoğurt numunelerine %2 oranında kırmızı ginseng ilavesinin 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal temizleme aktivitesi ile oksijen radikal absorbans kapasitesi değerlerini, önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. İlave olarak, ekstrakt ilave edilmemiş süt numuneleri ile karşılaştırıldığında ekstrakt ilaveli süt numunelerinin toplam radikal tutucu antioksidan potansiyelinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, yüksek antioksidan aktivitesi nedeniyle kırmızı ginseng takviyesinin, süt ürünlerinin antioksidan ve antijenotoksik etkilerini arttırabileceğini göstermiştir.

Amirdivani ve Baba (2011) tarafından nane (*Mentha piperita*), dereotu (*Anethum graveolens*) ve fesleğen (*Ocimum basilicum*) ile zenginleştirmenin yoğurt oluşumu, proteolizi ve anjiyotensin-1 dönüştürücü enzim (ACE) inhibisyonu üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre sade yoğurt ile karşılaştırıldığında bitkisel yoğurtların, daha hızlı pH düşürme oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca hem fermentasyon sonu hem de depolama periyodu boyunca tüm bitkisel yoğurtların sade yoğurtlara kıyasla daha yüksek bir antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte tüm bitkisel yoğurtlar, aynı depolama sürelerinde sade yoğurttan daha yüksek anti-ACE aktivitesi göstermiştir. Bitkisel yoğurtlardaki o-ftalaldehit (OPA) peptitleri, 7 günlük depolamadan sonra %28-36 oranında artış göstermiştir. Fermentasyon ve

buzdolabında depolama süresince yoğurt bakterilerinin proteolitik aktivitesinin, nane varlığında en yüksek seviyede olduğu; bu örneği dereotu ve fesleğenin izlediği bildirilmiştir.

Chowdhury ve ark. (2008) tarafından standardize edilmiş süte, ön işlem uygulanmış tulsı yaprağı (*Ocimum sanctum*), pudina yaprağı (*Mentha arvensis*) ve kişniş yaprağı (*Coriandrum sativum*) gibi aromatik bitki yaprakları homojen olarak karıştırılarak bitkisel yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Starter kültür olarak üretimde *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus plantarum* suşları (1:1 v:v) kullanılmış ve bitkisel yoğurtların beta-galaktosidaz enzim aktivitesi belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında bitkisel yoğurtların daha yüksek enzimatik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek beta-galaktosidaz aktivitesine ise tulsı yaprağı ile zenginleştirilen yoğurtların sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bakrm ve Salihin (2013), sarımsak (*Allium sativum*) ve tarçının (*Cinnamomum verum*) suda hazırladıkları ekstraktları ile zenginleştirilmiş farklı hayvan sütleri (inek, deve ve keçi) ile probiyotik yoğurt üretimi gerçekleştirmişlerdir. Sarımsak ekstraktı ile zenginleştirilmiş deve sütü yoğurtlarında fermantasyonun daha kısa sürede gerçekleştiğini saptamışlardır. Her iki bitki ekstraktı, proteolitik aktivitede önemli oranda artışa neden olmuştur. *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus* spp. ve *Bifidobacterium bifidum*'un canlı hücre sayılarının bitki ekstraktları içeren yoğurtlarda daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Kabuk tarçın ve meyan kökü bitkileri, ince toz haline getirilip, saf su içinde bir gece bırakıldıktan sonra santrifüjlenerek süpernatant 0.22 um filtre ile sterilize edilmiştir. Her iki bitkiye ait steril supernatant probiyotik yoğurt (*Lactobacillus acidophilus* LA-5 ve NCFM, *Bifidobacterium* Bb-12, *Lactobacillus casei* LC-10 ve *Streptococcus thermophilus*) üretiminde kullanılmıştır. Üretilen sade yoğurdun pH'sı, bitkisel yoğurtların pH'sı ile yaklaşık olarak aynı olmakla birlikte depolama sırasında yoğurtların pH'sında genel bir düşüş meydana gelmiştir. Tarçın yada meyan kökü ekstrakt ilavesi yoğurt fermantasyonu üzerine önemli bir etkide bulunmazken, depolama süresince *Lactobacillus* türlerinin gelişmesini stimule ettiği belirlenmiştir. Sade yoğurtla karşılaştırıldığında tarçın ya da meyan kökü ilavesinin, tüm depolama dönemlerinde yoğurtların antioksidan aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Tarçın ekstraktı ilaveli yoğurdun meyan kökü ekstraktı ilaveli yoğurda göre *Helicobacter pylori*'nin gelişmesi üzerine daha yüksek inhibisyon etki gösterdiği belirlenmiştir (Behrad ve ark., 2009).

Otaibi ve Demerdash (2008) kekik, mercanköşk ve adaçayı esansiyel yağlarını farklı oranlarda (0.2, 0.5 ve 1.0 ppm) labne üretiminde kullanmışlardır. Esansiyel yağ ilavesinin labnenin pH, çözünür nitrojen-toplam nitrojen, toplam uçucu yağ asidi ve asetaldehit değerlerine etki ettiği tespit edilmiştir. Labne örneklerinde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* sayısının artış gösterdiği ve 7 günlük depolamadan sonra maksimum seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Örneklerin maya, küf, spor oluşturan bakteri ile koliform bakterileri içermediği belirlenmiştir. 0.2 ppm kekik, mercanköşk ya da adaçayı yağları içeren örneklerin duyuşal olarak daha fazla beğenildiği ve kontrole yakın özellikte iyi bir yapı ve dokuya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, 0.2 ppm oranında kekik, mercanköşk veya adaçayı yağı kullanılarak ürünün 21 gün depolanabileceği belirlenmiştir.

Farklı oranlarda (100, 150 ve 200 mg mL⁻¹) *Moringa oleifera* yağı ile zenginleştirilen labne örneklerinde toplam kuru madde, yağ, toplam uçucu yağ asidi, DPPH radikal temizleme aktivitesi, tokoferol ve toplam laktik

asit bakteri sayısının arttığı bildirilmiştir. Ayrıca *M. oleifera* yağının artan oranlarda kullanımının Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler, maya ve küf türlerine karşı antimikrobiyal etki gösterdiği saptanmıştır. *Moringa oleifera* yağı ilavesinin labnenin duyuşal özelliklerini olumlu olarak etkilediği de belirlenmiştir (El-Sayed ve ark., 2017).

Thabet ve ark. (2014) % 0.3 oranındaki tarçın yağı ilavesi ile labnenin duyuşal özelliklerinde herhangi bir olumsuz değişiklik olmadan raf ömrünün 24 güne (6 ± 1 °C'de) kadar uzatılabileceğini saptamışlardır.

Dereotu (T1) ve kimyon (T2) (2 µL 100 mL süt⁻¹) esansiyel yağları kullanılarak manda sütünden üretilen tuzsuz labne örneklerinde, asetaldehit ve diasetil değerleri depolamanın 14. gününde maksimum seviyeye ulaşmış olup daha sonra azalma göstermiş esansiyel yağ ile zenginleştirme örneklerin antioksidan özelliklerinde artışa neden olmuştur. Depolamanın ilk 7 günü toplam canlı bakteri sayısında artış saptanmıştır. Depolama süresince örneklerde maya-küf ile koliform bakteriye rastlanmamıştır. Dereotu ve kimyon esansiyel yağlarının kullanılmasının, tuzsuz labne örneklerinin (taze veya depolama sırasında) duyuşal özelliklerine olumlu yönde katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Zaky ve ark., 2013).

% 0.25, 0.50, 0.75 ve % 1 (w/w) oranlarında kakule (*Elettaria cardamomum*) veya defne yaprağı (*Laurus nobilis* L.) tozu ilaveli labne formülasyonunda, % 1 oranında kakule, % 0.75 oranında defne yaprağı tozu eklenmesinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri iyileştirirerek ürünün raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir (Tawfek ve Ali, 2022).

Baharat ve baharat ekstraktlarının peynire katılmasındaki amaçlar; peynire değişik aroma kazandırmak, peynirin mikrobiyal yükünü azaltarak raf ömrünü arttırmak ve peynirin daha sağlıklı hale gelmesini sağlamak ile peynire katılacak tuz miktarını azaltarak peynirde fazla tuzdan kaynaklanacak yapısal kusurları önlemek olarak sayılabilmektedir (Göncü ve Akın, 2017). Eritme peyniri üretiminde kullanılan bazı baharatların patojen bakteriler (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ve *Escherichia coli* ATCC 25922) üzerine inhibisyon etkisinin araştırıldığı çalışmada; ürüne ağırlıkça % 1 ve % 3 oranında kekik, nane, anason, dereotu ve sarımsak tozu ilave edilmiştir. Örneklerde +4 °C'de 90 günlük depolama süresince yapılan analizler sonucunda *S. aureus* üzerine en etkili baharat çeşitlerinin nane (% 3) ve dereotu olduğu belirlenirken, *E. coli* üzerine kullanılan tüm baharat çeşitlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir (Göncü ve Akın, 2017).

Yağlı ve yarım yağlı yumuşak peynirlerde *Salmonella enteritidis* NCTC 4444 ve *Listeria monocytogenes* NCTC 11994 ilave edilerek yapılan bir çalışmada defne, tarçın, kekik ve sarımsak ekstraktları kullanılmıştır. Çalışma sonunda az yağlı peynirlerde kekik ekstraktının *S. enteritidis*'e karşı, diğer ekstraktların yağlı peynirlerde gösterdiği etki kadar etki sağladığı görülmüştür (Göncü ve Akın, 2017).

Yapılan bir çalışmada, 7 °C'de 14 gün saklanan Feta peynirinde karanfil esansiyel yağı ilavesinin *Escherichia coli* ve vankomisine dirençli Enterokoklara karşı antibakteriyal etki gösterdiği belirtilmiştir (Selim, 2011).

Keçi sütü pıhtısına farklı oranlarda kakule, tarçın ve çemen otu ilavesinin beyaz peynir kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, peynirin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinde istatistiksel olarak önemli değişikliklerin olduğu saptanmıştır. Peynirlerin duyuşal özellikleri incelendiğinde, baharat ilavesi örneklerin

rengini olumsuz olarak etkilerken, lezzet ve kokusu üzerine önemli bir etki oluşturmamıştır (Hamid ve Abdelrahman, 2012).

Çörekotu, nane, kekik, pulbiber ve isot baharatları ilave edilerek üretilen beyaz peynirlerde 90 günlük depolama süresince fizikokimyasal, olgunlaşma, tekstürel ve duysal özelliklerde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Çörekotu, nane ve kekik ilaveli peynir örnekleri panelistler tarafından kontrol örneğine benzer puanlar almışlardır (Deveci, 2016).

Kaşar peynirine farklı aroma ve tat kazandırmak amacı ile; % 0.5, % 0.75 ve % 1 oranlarında kekik, zerdeçal ve biberiye baharatları ilave edilerek klasik yöntemle taze kaşar peyniri üretilmiştir. En yüksek toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları, % 1 ve % 0.75 oranında biberiye ilave edilmiş kaşar peynirlerinde saptanmıştır. Kekik ilaveli peynirler duysal değerlendirmelerde en yüksek toplam puanı almıştır. Çalışma sonucunda süt ürünlerini kekik, zerdeçal ve biberiye ile zenginleştirmenin tüketiciler tarafından kabul edilebileceği ve yeni ürünlerin geliştirilebilmesine katkıda bulunulabileceği belirlenmiştir (Çakır, 2018).

Peynir üretiminde en yaygın olarak kullanılan pıhtılaştırıcı, geviş getiren genç hayvanların midelerinden elde edilen rennin enzimidir. Ancak çeşitli nedenler peynir üretiminde pıhtılaştırıcı olarak alternatif veya ilave enzim ikameleri arayışına neden olmuştur. Bu amaçla bitkilerin kök, gövde, tohum, çiçek, yaprak gibi belirli bölgelerinden elde edilen bitkisel pıhtılaştırıcılar da hayvansal rennin enzimi için uygun ikame maddeler arasında yer almaktadır (Eroğlu ve Özcan, 2018). Hailu ve ark. (2014) tarafından ham zencefil ekstraktı kullanılarak yapılan yumuşak olgunlaşmamış peynirlerin kalite özellikleri, deve kimozini kullanılarak yapılan peynirlerle karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda ham zencefil ekstraktının deve sütünü pıhtılaştırmak için kullanılabilirliği ve böylece deve sütünden peynir yapılmasına yardımcı olabileceği bildirilmiştir.

Shan ve ark. (2011) oda sıcaklığında (~ 23°C) bulunan Çedar peynirinde, beş baharat ekstraktının (tarçın çubuğu, kekik, karanfil, nar kabuğu ve üzüm çekirdeği) *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella enterica*'ya karşı antibakteriyal etkinliğini incelemişlerdir. Peynirin lipid oksidasyonu (tiobarbitürik asitle reaktif maddeler) oksidatif analizlerle periyodik olarak test edilmiştir. Sonuçlar, her beş bitki ekstraktının da peynirdeki gıda kaynaklı üç patojene karşı etkili olduğunu göstermiştir. Bu ekstraktlarla yapılan işlemler, peynirin lipid oksidasyonuna karşı stabilitesini arttırmıştır. En yüksek antibakteriyal ve antioksidan aktiviteyi karanfil göstermiştir. Çalışmadan elde edilen veriler, peynirde gıda kaynaklı patojen sayılarının azalması ve lipid oksidasyonunun inhibisyonu için bu bitkilerin özlerinin (özellikle karanfil) doğal gıda koruyucuları olarak bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Balaguer ve ark. (2013) % 5 sinnamaldehit içeren tarçın esansiyel yağının sürülebilir krem peynirin film kaplamasına eklenmesinin *Apergillus niger* ve *Penicillium expansum*'un gelişmesini engellediğini saptamıştır.

López-Córdoba (2021) tarafından, düşük konsantrasyonda karvakrol içeren nişasta ile kaplanan Paipa peynirinde, kaplamanın peynir üzerine etkisi analiz edilmiştir. Patates nişastası (2 g 100 g⁻¹), karvakrol (0.1 g 100 g⁻¹), polisorbat 80, gliserol ve su karışımından hazırlanan kaplamalar, fırça ile peynir yüzeyine sürülmüştür. Analizlerde kontrol amacıyla kaplamasız peynirler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda karvakrol/nişasta

kaplamasının peynirlere uygulandıktan sonra su aktivitesi, nem içeriği, renk özellikleri ile mezofilik aerobik bakteri ve küf/maya sayısında önemli değişikliklere neden olmadan peynirlerin parlaklığını arttırdığı tespit edilmiştir.

Najgebauer-Lejko ve ark. (2009) tarafından % 2 oranında adaçayı veya biberiye ilavesi ile ekşi kremadan yapılan tereyağlarının, depolama stabilitesini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre biberiye ve adaçayı ilavesi, tereyağının kimyasal bileşimini ve depolama sırasında tereyağı lipidlerindeki değişiklikleri önemli ölçüde etkilemiştir. Ayrıca, ekşi kremadan elde edilen tereyağına kurutulmuş adaçayı ve biberiye ilavesinin, soğuk depolama sırasında yağ asiditesini ve peroksit sayısını azaltmadığı belirlenmiştir. Yapılan tiyobarbiturik asit (TBA) testi, herhangi bir baharat ilavesi yapılmamış tereyağlarına kıyasla, adaçayı ve biberiye ilaveli tereyağlarının, ikincil oksidasyon ürünlerini, yani aldehit (esas olarak malonoaldehit) ve ketonları, önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda içerdiğini ortaya koymuştur.

Farklı uçucu yağların (*Thymus haussknechtii* Velen ve *Origanum acutidens* (Hand.-Mazz.) Letswaart; Türkiye'deki endemik türlerden) tereyağı stabilitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu uçucu yağlar tereyağına iki farklı konsantrasyonda (ağırlıkça % 0.1 ve % 0.2) ilave edilmiştir. Uçucu yağların antioksidan aktiviteleri, bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) içeren örnekler ve antioksidan içermeyen kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm numuneler 4 ± 1 °C'de 90 gün saklanmış ve peroksit değerleri (PV), tiyobarbiturik asit (TBA) değerleri, % titrasyon asitliği ve bazı mikrobiyolojik özellikleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak en düşük PV ve TBA değerlerinin, BHT ve % 0.2 uçucu yağ içeren örneklerde olduğu saptanmış ve ayrıca depolama sırasında kontrol örneklerinde TBA ve PV değerlerinin en yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür. Uçucu yağların % 0.2'lik miktarı, BHT'ninkine yakın güçlü bir antioksidan aktivite göstermiştir. *T. haussknechtii* uçucu yağı, *O. acutidens* ile karşılaştırıldığında daha güçlü bir antioksidan etki göstermiştir. Uçucu yağların antifungal etki göstermediği belirlenmiştir. Ancak *O. acutidens*'in koliform bakteriler üzerine antimikrobiyal aktivitesinin *T. haussknechtii*'den daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonucunda % 0.1 oranında uçucu yağ içeren örnekler % 0.2 oranında uçucu yağ içeren örneklere göre daha fazla beğenilmiştir. Bu çalışma sonuçları, bu uçucu yağların tereyağı üretiminde alternatif bir doğal antioksidan kaynağı olarak kabul edilebileceğini göstermektedir (Dagdemi ve ark., 2009).

Çakmakçı ve ark. (2014) çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağının tereyağının stabilitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla üretimden hemen sonra tereyağına (ağırlık %) 0.05; 0.1 ve 0.2 çörekotu uçucu yağı ilave edilmiş ve uçucu yağın antioksidan aktivitesi sentetik antioksidan BHT (100 ppm) ile karşılaştırılmıştır. Uçucu yağ içeren tüm örneklerin tiyobarbiturik asit ve peroksit değerleri, konsantrasyonlara bağlı olarak azalmıştır. % 0.2 seviyesindeki uçucu yağ ilavesinin, BHT ile benzer antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Uçucu yağ, toplam aerobik mezofilik bakteri, laktik asit bakteri ve koliform bakteri sayılarını depolama süresince azaltmış, ancak dikkate değer bir antifungal etki göstermemiştir. Uçucu yağ içeren örnekler kontrol örnek ile karşılaştırıldığında panelistlerce tercih edilmiştir. Sonuçlar, çörekotu uçucu yağının, yeni bir doğal antioksidan kaynağı olarak kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Ayar ve ark. (2001) adaçayı (*Salvia fruticosa* L.), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve kekik (*Origanum vulgare* L.) metanolik ekstraktlarının tereyağı stabilitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tüm ekstraktlar, ayrı

ayrı % 0.02 veya % 0.05 oranında tereyağına ilave edilmiştir. Karşılaştırma için, % 0.02 bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ve kontrol grubu hazırlanarak test edilmiştir. Örnekler 25 °C'de veya 5 °C'de depolanmıştır. Baharat ekstraktları ve bunların kombinasyonları, tereyağını oksidasyona karşı stabilize etmede kullanılan BHA'dan daha iyi bir etki göstermiştir. En etkili ekstraktın, adaçayı ekstraktı olduğu belirlenmiştir. 5 °C'de depolanan tereyağı örneklerinin, 25 °C'de depolanan tereyağları ile karşılaştırıldığında daha stabil olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$).

Santos ve ark. (2013) Lamiaceae familyasına ait baharatlardan ilave edilen fenolikler ile tereyağının oksidatif stabilitesini araştırmışlardır. İlk olarak ham biberiye, keklükotu, adaçayı, kekik ve mercanköşk ekstraktlarının antioksidan aktivitesi, 1,1-Difenil-2-ikrilhidrazil (DPPH) radikalinin inhibisyonu, malondialdehit (MDA) miktar tayini ve ferrik indirgeyici antioksidan güç testi ile gösterilmiştir. Hem DPPH radikal inhibisyonu hem de MDA miktar tayini analizinde en yüksek antioksidan aktiviteyi biberiye'den elde edilen alkol ekstraktı göstermiştir. Alkollü biberiye ekstraktı, MTT [3-(4.5-dimetiltiazol-2-il)-2.5-difeniltetrazolyum bromür] indirgeme yöntemi kullanılarak test edildiğinde sitotoksikite göstermemiş ve $50 \mu\text{g mL}^{-1}$ ve $250 \mu\text{g mL}^{-1}$ 'de doza bağlı sitoprotektif aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, biberiye'nin doğal antioksidan olarak kullanımının test edilen konsantrasyonlarda güvenli olduğunu göstermiştir. 60°C ve 110°C'de alkolik biberiye ekstraktı ilave edilen tereyağının en yüksek oksidatif stabiliteyi gösterdiği belirlenmiştir.

4 farklı baharat uçucu yağı (Hindistan cevizi, limon kabuğu, karanfil ve tarçın) iki farklı oranda (% 0.2 ve % 0.4) kullanılarak üretilen dondurma örneklerinin depolama süresince bazı fiziksel, kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, baharat uçucu yağı ilavesinin dondurma örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli derecede etkili olmadığı ($P > 0,05$) ancak erime oranlarının depolama süresince arttığı tespit edilmiştir. % 0.2 düzeyinde hindistan cevizi uçucu yağı içeren örnek duyuşal değerlendirmelerde en fazla, % 0.4 düzeyinde karanfil uçucu yağı içeren örnek ise en az beğenilen örnek olmuştur. Genel olarak % 0.2 düzeyinde baharat uçucu yağı içeren örnekler % 0.4 düzeyinde içeren örneklerle göre daha fazla beğenilmiştir. Dondurma örneklerinin mikrobiyolojik özellikler bakımından TS 4265 Dondurma Standardı'na uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile bazı baharat uçucu yağlarının dondurma üretiminde doğal aroma maddesi olarak kullanılabilceği belirlenmiştir (Macit ve ark., 2017).

Dondurma miksine % 4, % 6 ve % 8 oranında zencefil dilimi ilavesinin yağ, protein, şeker, toplam katı madde ve pH özelliklerinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. % 4 oranında zencefil dilimleri içeren dondurma, en yüksek kabul edilebilirlik puanına da sahip olmuştur (Pinto ve ark., 2009).

Bitkisel içerikli dondurma hazırlamak için dondurma miksine ağırlıkça 0, 2, 3, 4, 5 ve % 6 (w/w) oranlarında zencefil suyu ilave edilmiştir. Zencefil suyunun kademeli olarak artması, dondurmanın titre edilebilir asitliği overrun ve erime süresinde (dk) artışa ve toplam katı madde ve yağ içeriğinde azalmaya neden olurken, protein içeriği ise etkilenmemiştir. % 4 zencefil suyu içeren dondurmanın duyuşal kalitesinin diğer uygulamalara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. % 10.23 yağ ve % 3.68 protein içeren % 4 zencefil suyu ile üretilen dondurmanın % 42.31 oranında hacim artışı ile en fazla kabul edilebilir özellikte olduğu tespit edilmiştir (Jadhav ve ark., 2017).

Zerdeçal, *Curcuma longa* bitkisinin köklerinden yapılan parlak sarı bir renklendiricidir. Kurkuminoidler, kurkumin pigmentasyondan sorumlu bileşiklerdir. Zerdeçal bileşiğinin çözünürlüğü işleme ortamına bağlıdır. Zerdeçal oleoresini suda çözünür; ancak yağ ekstraktı yağ esaslı gıdalara eklenebilmektedir. Süt ürünleri, et ve dondurulmuş tatlılarda renklendirici olarak kullanılmaktadır. Manoharan ve ark. (2012) tarafından dondurma için doğal renklendirici madde olarak kabul edilebilir kurkumin seviyesini tespit etmek ve elde edilen ürünün duyuşal puanını değerlendirmek için bir araştırma yapılmıştır. Kurkumin tozu, karamel aromalı dondurmaya farklı seviyelerde ilave edilmiştir. Hazırlanan dondurma, duyuşal analize tabi tutulmuş ve dondurmanın hazırlanmasında ilave edilen kurkumin tozunun optimum seviyesi tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, karamel aromalı dondurma için kurkumin tozunun eklenmesinin organoleptik değerleri önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymuştur. Dondurma üretiminde % 0.5 oranında kurkumin tozu kullanımı duyuşal nitelikler ve genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanları almıştır (Manoharan ve ark., 2012).

Tulsi ekstraktı (% 2.0, % 3.0 ve % 4.0) ilave edilen dondurmalarda ekstrakt oranının artması ile örneklerin yağ, protein, indirgenmiş şekerler, indirgenmemiş şekerler ve toplam kuru madde miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Tulsi ekstraktı ilavesi, dondurma karışımının viskozitesini ve dondurmanın erime hızını azaltmıştır (Kumar ve ark., 2013).

Sonuç

Geçmişten günümüze kadar gıdaların tat ve aromasını zenginleştirici olarak kullanılan baharatların bu işlevinin yanı sıra, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri ile ürünlerin raf ömrünün korunması ya da uzatılmasında katkı sağladığı yapılan pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur. Çeşitli baharatlardan elde edilen biyoaktif bileşiklerin, diyabet, obezite, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar üzerine olumlu etkilerinin bilimsel literatürler ile desteklenmesi ve tüketicilerin beslenme-sağlık arasındaki ilişki ile ilgi olarak farkındalığının artması, doğal bileşenlere ve fonksiyonel özelliklere sahip gıdalara olan talebi de arttırmaktadır. Baharatların süt ürünlerinde kullanımı, ürünün fonksiyonel özelliklerinin geliştirmesinin yanı sıra terapötik özelliklerine de katkı sağlayacak niteliktedir. Bu derlemede baharatların süt ürünlerinde kullanımı sadece ürünün özellikleri dikkate alınarak incelenmiştir. Bununla birlikte yapılan literatür incelemesinde, baharat katkılı süt ürünlerinin fonksiyonel ve terapötik özelliklerini belirlemek için *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların yetersiz olduğu saptanmış olup, ürün tüketimi ile canlı üzerindeki etkilerini gösteren daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

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. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Akarca, G., Kahraman, A. ve Tomar, O. 2015. Değişik oranlarda tarçın ilave edilmiş pastörize sütlerde raf ömrünün değişimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2): 1-9. <https://doi.org/10.5578/fmbd.9781>
- Amirdivani, S. and Baba, A.S. 2011. Changes in yoghurt fermentation characteristics, and antioxidant potential and in vitro inhibition of angiotensin-1 converting enzyme upon the inclusion of peppermint, dill and basil. *LWT - Food Science Technology (Lebensmittel-Wissenschaft -Technol.)*, 44: 1458-1464.
- Amiri, S., Moghanjoui, Z.M., Bari, M.R. and Khaneghah, A.M. 2021. Natural protective agents and their applications as bio-preservatives in the food industry: An overview of current and future applications. *Italian Journal of Food Science*, 33: 55-68. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v33iSP1.2045>
- Anonim 2022a. Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği (Tebliğ No: 2022/7). Resmî Gazete Tarihi: 19 Nisan 2022 Salı, Resmî Gazete Sayısı: 31814, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/04/20220419-4.htm> (Erişim tarihi: 01.05.2022).
- Anonim 2022b. https://zayiflamaizmir.com/wp-content/uploads/2019/12/vBDFn_1574946501_9572.png
- Arachchige, U., Ampemohotti, T. and Ranaweera, S. 2021. Spices and herbs. Nine Publishing, Sri Lanka, 109p.ISBN: ISBN: 978-955-7688-30-5
- Ayar, A., Ozcan, M., Akgül, A. and Akin, N. 2001. Butter stability as affected by extracts of sage, rosemary and oregano. *Journal of Food Lipids*, 8(1): 15-25.
- Bais, B., Tak, L. and Singh, J. 2018. Herbs: a way to enhance functionality of traditional dairy products. *Journal of Dairy and Veterinary Sciences*, 6(3): 1-4. <https://doi.org/10.19080/jdvs.2018.06.555689>
- Bakrm, S. A. and Salihin, B.A. 2013. Effects of inclusion of *Allium sativum* and *cinnamomum verum* in milk on the growth and activity of lactic acid bacteria during yoghurt fermentation. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 13(11): 1448-1457. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajeaes.2013.13.11.76177>.
- Balaguer, M.P., Lopez-Carballo, G., Catala, R., Gavara, R. and Hernandez-Munoz, P. 2013. Antifungal properties of gliadin films incorporating cinnamaldehyde and application in active food packaging of bread and cheese spread foodstuffs. *International Journal of Food Microbiology*, 166(3): 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.08>
- Behrad, S., Yusof, M.Y., Goh, K.L., Baba and A.S. 2009. Manipulation of probiotics fermentation of yoghurt by cinnamon and licorice: effects on yoghurt formation and inhibition of *Helicobacter pylori* growth in vitro. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 60: 590- 594.
- Chowdhury, B.R, Chakraborty, R. and Raychaudhuri, U. 2008. Study on betagalactosidase enzymatic activity of herbal yogurt. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(2): 116-122. <https://doi.org/10.1080/09637480701447787>.

- Conn, E.E. 1995. The world of phytochemicals. In: Gustine, D.L., Flores, H.E. (Eds.), *Phytochemicals and Health*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. 1-14.
- Costa, M.J., Maciel, L.C., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., and Cerqueira, M.A. 2018. Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. *Food Research International*, 107: 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.013>
- Çakır, Z.Y. 2018. Antioksidan aktiviteye sahip bazı baharatların taze kaşar peynirinde kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çakmakçı, S., Gündoğdu, E., Dağdemir, E. and Erdoğan, Ü. 2014. Investigation of the possible use of black cumin (*nigella sativa* L.) Essential oil on butter stability. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20(4): 533-539. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2013.10550>
- Dagdemir, E., Cakmakci, S. and Gundogdu, E. 2009. Effect of *Thymus haussknechtii* and *Origanum acutidens* essential oils on the stability of cow milk butter. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(11): 1118-1123. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800243>.
- Darriet A. 2007. Herbs, spices and essential oils. In *Handbook of Food Products Manufacturing*. New York Wiley; 2007. pp. 205-220.
- Deveci, F. 2016. Beyaz peynir üretiminde kullanılan farklı baharat türlerinin olgunlaşmaya etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- El-Sayed, S. M. and Youssef, A.M. 2019. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon*, 5(6): e01989. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.06.019>.
- El-Sayed, S.M., El-Sayed, H. S., Salama, H.H. and Abo El-Nor, S.A.H. 2017. Improving the nutritional value and extending shelf life of labneh by adding *Moringa oleifera* oil. *International Journal of Dairy Science*, 12(2): 81-92.
- Eroğlu, E. ve Özcan, T. 2018. Sütün enzimatik koagülasyonu ve peynir üretiminde bitkisel pıhtılaştırıcılar. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.*, 32(2): 201-214.
- Göncü, B. ve Akın, M.S. 2017. Baharat çeşitlerinin peynirde kullanımı. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 01: 44-53.
- Hailu, Y., Seifu, E. and Yilma, Z. 2014. Physicochemical properties and consumer acceptability of soft unripened cheese made from camel milk using crude extract of ginger (*zingiber officinale*) as coagulant. *African Journal of Food Science*, 8(2):87-91.
- Hamid, O.I.A. and Abdelrahman, N.A.M. 2012. Effect of adding cardamom, cinnamon and fenugreek to goat's milk curd on the quality of white cheese during storage. *International Journal of Dairy Science*, 7(2): 43-50. <https://doi.org/10.3923/ijds.2012.43.50>
- Idowu, S., Adekoya, A.E., Igiehon, O.O. and Idowu, A.T. 2021. Clove (*Syzygium aromaticum*) spices: a review on their bioactivities, current use, and potential application in dairy products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4): 3419-3435. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00915-9>

- Jadhav, M.S., Nimbalkar, C.A. and Kad, V.P. 2017. Effect of different levels of ginger juice on physico-chemical and sensory characteristics of herbal ice cream. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 5(3): 45-50.
- Jessica Elizabeth, D.L.T., Gassara, F., Kouassi, A.P., Brar, S.K. and Belkacemi, K. 2017. Spice use in food: Properties and benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6): 1078-1088. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.858235>
- Kaptan, B. and Sivri, G.T. 2018. Utilization of medicinal and aromatic plants in dairy products. *Journal of Advancements in Plant Science Introduction*, 1: 205.
- Kumar, S., Rai, D.C. and Singh, D. 2013. The functional, rheological and sensory attributes of tulsi (holy basil, *ocimum sanctum*) extract based herbal ice-cream. *The Bioscan*, 8(1): 77-80.
- Kuorwel, K.K., Cran, M.J., Sonneveld, K., Miltz, J. and Bigger, S.W. 2013. Migration of antimicrobial agents from starch-based films into a food simulant. *Food Science and Technology*, 50(2): 432-438,
- López-Córdoba, A. 2021. Feasibility of using carvacrol/starch edible coatings to improve the quality of paipa cheese. *Polymers*, 13(15): 2516. <https://doi.org/10.3390/polym13152516>
- Macit, E., Çağlar, A. ve Bakırcı, İ. 2017. Dondurma üretiminde bazı baharat uçucu yağlarının kullanım olanakları. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 32(2): 63-68. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.335399>
- Mahmoudi, R., Kazemina, M., Ghajarbeygi, P. and Pakbin, B. 2017. An introductory review on increasing the survival of probiotic bacteria in dairy products using essential oil. *Journal of Dental and Oral Health*, 3(4): 069.
- Manoharan, A., Ramasamy, D., Dhanalashmi, B., Gnanalashmi, K. and Thyagarajan, D. 2012. Studies on sensory evaluation of Curcumin powder as natural color for butterscotch flavor ice cream. *Indian Journal of Drugs and Diseases*, 1(1): 43-46.
- Najgebauer-Lejko, D., Grega, T., Sady, M. and Domagała, J. 2009. The quality and storage stability of butter made from sour cream with addition of dried sage and rosemary. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25 (5-6): 753-761.
- Oraon, L., Jana, A., Prajapati, P.S. and Suvera, P. 2017. Application of herbs in functional dairy products - a review. *Journal of Dairy, Veterinary and Animal Research*, 5(3): 109-115. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2017.05.00145>
- Otaibi, M.A. and Demerdash, H.E. 2008. Improvement of the quality and shelf life of concentrated yoghurt (labneh) by the addition of some essential oils. *African Journal of Microbiology Research*, 2(7): 156-161.
- Park, H., Lee, M., Kim, K., Park, E. and Paik, H. 2018. Antioxidant and antigenotoxic effect of dairy products supplemented with red ginseng extract. *Journal of Dairy Science*, 101: 1-9.
- Peter, K.V. and Shylaja, M.R. 2012. *Introduction to herbs and spices: Definitions, trade and applications* (Vol. 1), Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857095671.1>
- Pinto, S.V., Patel, A.M., Jana, A.H. and Solanky, M.J. 2009. Evaluation of different forms of ginger as

- flavouring in herbal ice cream. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(1-2): 73-83.
- Rathod, P.B., Zinjarde, R.M., Ingole, A.S. and Meshram, T.A. 2019. Utilization of ginger (*Zingiber officinale*) juice for preparation of flavoured milk. *International Journal of Chemical Studies Receiving*, 7(4): 2648-2651.
- Santos, R.D., Shetty, K. and Silva Miglioranza, L.H. 2013. Oxidative stability of butter with added phenolics from Lamiaceae herbs and in vitro evaluation of potential cytotoxicity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. *Institute of Food Science and Technology*, 49(3): 768-775. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12364>.
- Sawale, P.D., Prasad, W., Hussain, S., Nagarajappa, V. and Mishra S.K. 2020. Potential use of herbs in milk and milk products: *Novel strategies to improve shelf-life and quality of foods quality, safety, and health aspects*, Ed: Santosh K. Mishra, Megh R. Goyal, New York, USA, p:53-70.
- Selim, S. 2011. Antimicrobial activity of essential oils against vancomycin-resistant enterococci (vre) and *Escherichia coli* O157:H7 in feta soft cheese and minced beef meat. *Brazil Journal Microbiology*, 42(1): 187-96. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000100023>.
- Shan, B., Cai, Y.Z., Brooks, J.D. and Corke, H. 2011. Potential application of spice and herb extracts as natural preservatives in cheese. *Journal of Medicinal Food*, 14(3):284-90. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0009>.
- Srivastava, P., Prasad, S.G.M., Mohd, N.A. and Prasad, M. 2015. Analysis of antioxidant activity of herbal yoghurt prepared from different milk. *The Pharma Innovation Journal*, 4(3): 18-20.
- Tawfek, M.A. and Ali, A.R.M. 2022. Effectiveness of cardamom (*Elettaria cardamomum*) or bay leaf (*Laurus nobilis* L.) powder in improving the quality of Labneh. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(1): 39-52. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2022.0984>.
- Thabet, H. M., Nogaim, Q.A., Qasha, A.S., Abdoalaziz, O. and Abstract, N.A. 2014. Evaluation of the effects of some plant derived essential oils on shelf life extension of Labneh. *Merit Research Journal of Food Science and Technology*, 2(1): 8-014. Retrieved from <http://www.meritresearchjournals.org/fst/index.htm>
- Yılmaz Ersan L. ve Topçuoğlu, E. 2019. Badem sütü ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların mikrobiyolojik ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fak. Derg.* 33(2): 321-339.
- Zaky, W.M., Kassem, J.M., Abbas, H.M. and Mohamed, S.H.S. 2013. Evaluation of salt-free labneh quality prepared using dill and caraway essential oils. *Life Science Journal*, 10(4): 3379-3386.



Ekstrüzyon Teknolojisi ve Buğday Öğütme Yan Ürünlerinin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı^A

Nazlı ŞAHİN^{1*}, Abdulvahit SAYASLAN²

Öz: Ekstrüzyon teknolojisi gıda sanayiinde kullanılan ve önemli avantajlara sahip olan bir gıda işleme tekniğidir. Ekstrüzyon yoluyla gıda üretiminde, hammadde özellikleri (nişasta tipi ve içeriği, protein içeriği, yağ içeriği vb) ve proses parametreleri (tek/çift vida, vida hızı, vida konfigürasyonu, besleme oranı, besleme nem içeriği vb) son ürünün duyuşal (renk, tat, koku, tekstür vb) ve besleyicilik özellikleri üzerinde belirleyici olmaktadır. Buğday öğütme yan ürünleri olan kepek, ruşeym ve bonkalite un, ana ürün olan beyaz un ile kıyaslandığında besleyicilik ve fonksiyonel özellikler bakımından daha üstündür. Türkiye’de yıllık 3-5 milyon ton civarında buğday öğütme yan ürünü ortaya çıktığı tahmin edilmekte olup ağırlıklı olarak yem sanayiinde kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda ekstrüzyon gibi farklı gıda işleme teknikleri sayesinde yan ürünlerin gıdalarda kullanım olanakları artmaktadır. Bu çalışmada ekstrüzyon teknolojisi ve buğday öğütme yan ürünlerinin ekstrüde gıda üretiminde kullanımı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: bonkalite un, ekstrüzyon, kepek, öğütme yan ürünleri, ruşeym.

^A Bu çalışma Nazlı Şahin’in Doktora Tezinden türetilmiştir. Yapılan bu çalışma etik kurul belgesi gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Nazlı ŞAHİN, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye nsahin@kmu.edu.tr [OrcID: 0000-0002-0963-8882](https://orcid.org/0000-0002-0963-8882)

² Abdulvahit SAYASLAN, ¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye, sayaslan@kmu.edu.tr, [OrcID:0000-0001-7161-1552](https://orcid.org/0000-0001-7161-1552)

Atf/Citation: Şahin, N. ve Sayaslan, A. 2023. Ekstrüzyon teknolojisi ve buğday öğütme yan ürünlerinin ekstrüde gıda üretiminde kullanımı. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 241-261.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1089981>

Extrusion Technology and Utilization of Wheat Milling By-Products in Extruded Foods

Abstract: Extrusion technology is a food processing technique with significant advantages. In the extrusion process, raw material properties (starch type and content, protein content, oil content etc) and process parameters (single/twin screw, screw speed, screw configuration, feed rate, feed moisture content etc) determine the sensory (color, taste, aroma, texture etc) and nutritional properties of the end products. Wheat milling by-products of bran, germ and red dog flour are of better nutritional and functional properties than those of the main product, i.e., refined wheat flour. It is estimated that about 3-5 million tons of wheat milling by-products are annually produced in Turkey, the majority of which are used for animal feed. However, utilization of such techniques as extrusion in recent years has increased the incorporation of those by-products into food formulations. In this study, the literature on the extrusion technology and usage of wheat milling by-products in the extruded foods were reviewed.

Keywords: bran, germ, extrusion, milling by-products, red dog flour.

Giriş

Gelişen tarım ve gıda işleme teknolojileri sekiz milyara yaklaşan dünya nüfusunun gıda güvenliği ve güvencesi sorunlarına çözümler üretmektedir. Gıda işleme teknolojileri arasında yer alan ekstrüzyon teknolojisi, göreceli olarak yeni ve yenilikçi bir teknolojidir (Tiwari ve Jha, 2017). Genel hatlarıyla ekstrüzyon teknolojisi, tahıl ve baklagil unları veya irmikleri gibi nişasta ağırlıklı hammaddelerin uygun yardımcı maddelerle birlikte düşük nem düzeyinde (%15-25) ekstrüder adı verilen hidrotermal ve mekanik bir sistemde oldukça kısa sürede (1-2 dakika) karıştırılması/yoğrulması, pişirilmesi ve şekillendirilmesi işlemlerini kapsamaktadır (Choton ve ark., 2020). Ekstrüzyon işleminde tek bir cihazda yukarıda sıralanan çok sayıda temel işlem eşzamanlı olarak gerçekleştirilmektedir (Leonard ve ark., 2019). Bu nedenle bileşenler ve/veya ekstrüder parametrelerinde yapılan küçük modifikasyonlar farklı şekilsel ve tekstürel özelliklere sahip gıdaların üretilmesine imkân tanımaktadır (Offiah ve ark., 2019).

Ekstrüzyon teknolojisinin diğer gıda işleme teknolojilerine göre pek çok avantajı bulunmaktadır. Ekstrüderlerin üretim kapasiteleri yüksek, buna karşılık işçilik maliyetleri, işgal ettikleri alan ve enerji giderleri düşüktür. Ekstrüzyon koşullarında uygulanan yüksek sıcaklık ve basınç, mikroorganizmalar ve enzimleri inaktive etmekte ve düşük nemli ürünler ortaya çıkarmaktadır. Buna bağlı olarak ekstrüde ürünlerin kurutma maliyeti düşük, bozulmalara direnci ise yüksek olmaktadır. Yüksek sıcaklıkta kısa süreli (HTST) bir ısıl işlem prosesi olan ekstrüzyon, ürünlerin bazı antibesinsel bileşenlerini azaltırken besinsel değer kaybını minimize etmektedir. Ekstrüzyon teknolojisinin önemli avantajlarından birisi de gıda atıkları veya yan ürünlerinin diğer gıda işleme teknolojilerine göre daha kolay işlenebilmesidir. Ayrıca, çevre kirliliğine sebep olabilecek herhangi

bir atık veya kirli su oluşmaması da ekstrüzyon teknolojisinin önemli avantajlarından. Tüm bu faktörler yeni gıda geliştirmede ekstrüzyon teknolojisinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Choton ve ark., 2020; Grasso, 2020).

Buğday ve ürünleri insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Dünyada yıllık 650-700 milyon ton, Türkiye’de ise 18-21 milyon ton civarında buğday üretilmektedir (TÜİK, 2020). Ekmeklik ve bisküvilik buğdaylardan öğütme yoluyla çoğunlukla un (beyaz un, paçal un) elde edilirken makarnalık buğdaylardan irmik üretilmektedir. Beyaz un ekmek başta olmak üzere noodle, bisküvi, kraker, gofret ve kek gibi unlu mamullerde, irmik ise makarna üretiminde kullanılmaktadır. Öğütme işlemiyle ekmeklik buğdaylardan %75-85 oranında un elde edilirken %15-25 oranında öğütme yan ürünleri oluşmaktadır. Öğütme yan ürünleri arasında kaba kepek, ince kepek, ruşeym ve düşük kaliteli un (bonkalite un, bonkalit, red dog) yer almakta olup çoğunlukla yem sanayiinde kullanılmaktadır. Türkiye’de her yıl 3-5 milyon ton civarında öğütme yan ürünü olduğu tahmin edilmektedir. Son yıllarda tüketicilerin sağlıklı gıda ve doğru beslenme taleplerinin artmasına bağlı olarak besleyicilik değeri ve fonksiyonel özellikleri yüksek olan öğütme yan ürünlerinin gıdalarda kullanımı da artmaya başlamıştır (Schultz, 1984; Sing ve ark., 2000; Yaseen ve Shouk, 2005; Gajula ve ark., 2008; Makowska ve ark., 2015; Dar ve ark., 2016).

Bu derleme kapsamında ekstrüzyon teknolojisi, ekstrüder çeşitleri, ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan hammaddeler, ekstrüzyon prosesinde gerçekleşen değişimler ve ürün kalitesine etkileri irdelenmiş, ayrıca buğday öğütme yan ürünlerinin kimyasal kompozisyonu ve ekstrüzyon teknolojisiyle değerlendirilmesine yönelik çalışmalar incelenmiştir.

Ekstrüzyon Teknolojisi

Ekstrüder Çeşitleri

Ekstrüderler şekil, boyut ve çalışma yöntemlerine göre pistonlu, silindirli ve vidalı ekstrüderler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Alam ve ark., 2015). Pistonlu ekstrüderler, tekli ya da seri halde çalışan pistonlardan meydana gelmektedir. Bu tip ekstrüderler özellikle şekerleme endüstrisinde tercih edilmekte olup çikolatanın şekerlemenin merkezine doldurulmasını sağlamaktadır (Grandison ve Brennan, 2012). Silindirli ekstrüderler birbirine yakın yerleştirilmiş zıt yönde dönen iki silindirden oluşmakta olup gıda sanayiinde kullanımları sınırlıdır (Choton ve ark., 2020). Vidalı ekstrüderler ise, ekstrüder kategorisinin en kompleksi ve en yaygın kullanılanlarıdır. Vidalı ekstrüderler malzemeyi özel olarak tasarlanmış bir kovan içinde kalıba doğru taşımak için sabit bir namluda dönen tek veya çift vidadan oluşmaktadır. Vidalı ekstrüderler, ürettikleri mekanik enerji miktarına göre düşük ve yüksek kesmeli (shear) ekstrüderler olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük kesmeli bir ekstrüder, üretilen mekanik enerjiyi en aza indirmek için tasarlanmış olup ürünleri karıştırmak ve şekil vermek için kullanılmaktadır. Makarna üretiminde kullanılan soğuk ekstrüderler bu sınıfa girmektedir. Yüksek kesmeli ekstrüderler ise sıcak ekstrüderler olup mekanik enerjiyi en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Genleştirilmiş cips türü çerezlerin üretimi başta olmak üzere gıda sanayiinde kullanılan ekstrüderlerin çoğu bu sınıfta yer

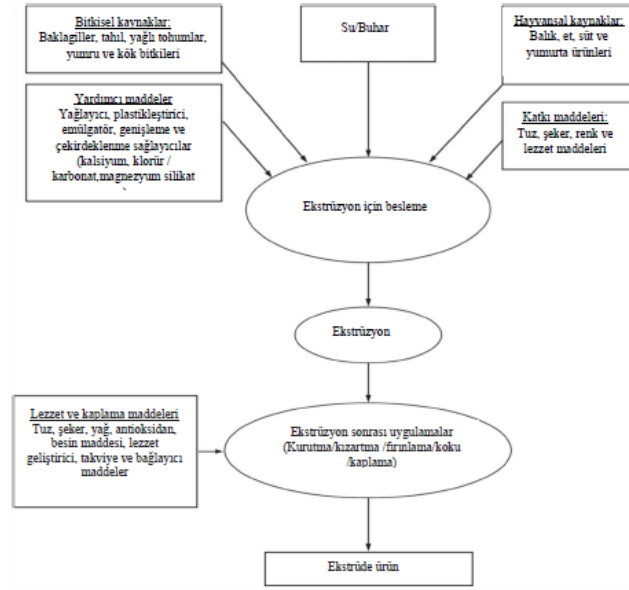
almaktadır (Grandison ve Brennan, 2012; Offiah ve ark., 2019). Ekstrüderler vida sayısına göre tek, çift veya nadiren çok vidalı olabilmektedir. Tek vidalı ekstrüderler kesme gücü düşük olduğu için şekil verme veya plastik ekstrüderleri olarak adlandırılırken, orta ve yüksek kesme gücüne sahip çift vidalı ekstrüderler ise pişirme ekstrüderleri olarak isimlendirilmektedir. Çift vidalı ekstrüderlerin çok fonksiyonel olmaları (Çizelge 1) geniş bir yelpazede kullanımlarına olanak sağlamaktadır.

Çizelge 1. Tek ve çift vidalı ekstrüderlerin karşılaştırılması (Harper, 1989).

	Tek vida	Çift vida
Yaklaşık maliyet/birim fiyat		
Ekstrüderin maliyeti	1	1.5-2.5
Sistemin maliyeti	1	0.9-1.3
Bakım maliyeti	1	1-2
Enerji		
Ön şartlandırıcı ile	Buhar ile	Kullanılmıyor
Ön şartlandırıcı olmadan	Mekanik enerji	Mekanik ve termal enerji
L/D oranı (uzunluk/çap oranı)	4-25	10-25
Karıştırma kabiliyeti	Zayıf	İyi
Isı transferi	Zayıf	İyi
Karışımın nem içeriği	%13-35	%10 ve üstü
Hammadde	Sınırlı hammadde	Geniş ürün yelpazesi
Çok yönlülük	Zayıf	İyi

Ekstrüzyon Teknolojisinde Kullanılan Hammaddeler ve Diğer Bileşenler

Ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan hammaddeler ve diğer bileşenler genellikle işlevsel özelliklerine göre gruplandırılmaktadır (Guy, 2001). Bu grupları yapı oluşturanlar (hammadde), dolgu maddesi olanlar, plastikleştirici veya yağlayıcı bileşenler, çözünebilir katılar ve çekirdekleştirici maddeler, renklendiriciler, tatlandırıcılar ve aroma vericiler oluşturmaktadır (Şekil 1). Yapı oluşturanlar arasında nişasta birinci sırada yer almakla birlikte bazı proteinler ve lifler de yapı oluşturmaya katkı sağlamaktadır. Bu polimerik maddeler sınırlı su veya su buharı eşliğinde ısı ve mekanik enerji etkisiyle ekstrüder kovanında köpük benzeri kıvamlı bir yapı (eriyik) oluşumunu sağlamaktadır. Bu bağlamda nişasta içeriği yüksek tahıl ve kuru baklagil unları, irmikleri veya kırmaları ile kök ve yumru bitkilerinin unları veya nişastaları önem taşımaktadır (Leonard ve ark., 2019).



Şekil 1. Ekstrüzyon prosesinin şematik gösterimi ve kullanılan hammaddeler (Bhattacharya, 2011)

Ekstrüzyon işleminde dolgu maddesi olarak görev alan bileşenler, selüloz ve protein bakımından zengin olan kabuk veya kepek gibi lifli materyaldir (Guy, 2001). Plastikleştirici veya yağlayıcı olarak ise; su, su buharı veya yağ kullanılmaktadır. Su veya su buharı, toz formdaki polimerleri plastikleştirerek deforme olabilen kıvamlı eriyiklere dönüştürmektedir. Oldukça düşük oranda (%1-5) kullanılan yağlar, ekstrüzyon işleminde nişastanın hidrotermal dönüşümüne olumlu katkı sağlarken, yüksek oranda (>%5) kullanılması ekstrüder etkinliğini düşürerek nişastanın degradasyonunu ve patlayarak genişmesini sınırlandırmaktadır (Yağcı, 2015). Ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan çekirdekleştirici maddeler, ekstrüzyon sırasında oluşan sıcak eriyiğin içerisindeki hava kabarcıklarının sayısını ve stabilitesini artırarak ürünün genişmesine katkı sağlamaktadır. Çekirdekleştirici madde olarak genellikle toz kalsiyum karbonat ve magnezyum silikat (talk) kullanılmaktadır (Maskan ve Altan, 2016). Ekstrüde gıda üretiminde tuz ve şekerler tat verici ve nemlendirici olarak formülasyona katılmaktadır. Renklendirici ve aroma verici maddeler, hammaddelerde doğal olarak bulunabildiği gibi formülasyona üretim sırasında da katılabilmektedir. Bazı hassas renk ve aroma maddeleri ekstrüzyon sonrasında son ürün yüzeyine püskürtülerek uygulanmaktadır (Guy, 2001).

Ekstrüzyon Prosesinde Gerçekleşen Değişimler ve Ürün Kalitesine Etkileri

Ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan karışımın (hammadde ve diğer bileşenler) özellikleri ve ekstrüder çalışma parametreleri ürünlerin renk, tat, koku ve tekstür gibi duyuşal özellikleri ile besleyicilik kalitelerini etkilemektedir (Grandison ve Brennan, 2012; Fellows, 2012). Ekstrüzyonda kullanılan karışımın nem içeriği en önemli değişkenlerdendir. Ekstrüzyon işleminde nem doğrudan karışıma eklenebildiği gibi işlem sırasında su veya buhar olarak da sisteme verilebilmektedir. İşleme sürecinde karışımın sahip olduğu nem seviyesi ekstrüzyon prosesinin etkinliğini (sıcaklık, basınç, shear vb), dolayısıyla da ürünlerin özellikle tekstürel

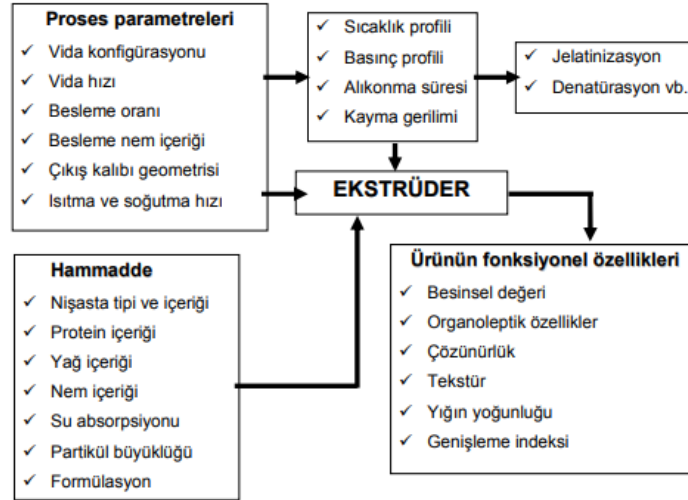
karakteristiklerini belirlemektedir (Grandison ve Brennan, 2012). Nem nişastanın jelatinizasyon, degradasyon ve dekstrinizasyon oranlarını değiştirerek ürünün genleşmesi, yoğunluğu, gözenek yapısı, gevrekliği ve sertliğini etkilemektedir. Çoğu ekstrüzyon işleminde karışımın nem içeriği %15-20 arasında değişmektedir. Tek vidalı ekstrüderler en düşük %13 nem içeriğinde çalışabilirken, çift vidalı ekstrüderler %10 nem içeriğine kadar çalışabilmektedir (Mazlan ve ark., 2019).

Ekstrüzyon pişirme teknolojisinde kullanılan karışımların en önemli bileşenlerini nişasta, proteinler, lipitler ve lifler oluşturmaktadır. Karışımların bu bileşenleri farklı oranlarda içermesi, son ürünün duyu ve besleyicilik kalitesinde önemli farklılıklara neden olmaktadır (Fellows, 2012). Proses şartlarına bağlı olarak değişimle birlikte, işleme sırasında nişastada jelatinizasyon, dekstrinizasyon ve kompleks oluşumu gerçekleşirken proteinlerde denatürasyon, hidroliz ve ısı polimerizasyonu gerçekleşebilmektedir. Uygulanan mekanik etkiye bağlı olarak proteinler, nişasta ve liflerin boyut, çözünürlük, viskozite ve su tutma kapasiteleri değişmektedir (Steel ve ark., 2012). Sözü edilen bu değişimler ise son ürünlerin tekstürel özelliklerini belirlemektedir (Şekil 2).

Ekstrüzyon işleminde kullanılan karışımda bulunan veya dışarıdan ilave edilen lipitler, sürtünmeyi azaltarak plastikleştirici veya yağlayıcı olarak görev yapmaktadır (Steel ve ark., 2012). Lipitler ayrıca pişirme sırasında amiloz-lipit kompleksleri oluşturarak ürünün genleşme oranı, yağın yoğunluğu ve suda çözünürlük derecesini düşürmektedir (Bhatnagar ve Hanna, 1994). Amiloz-lipit kompleksi oluşumunda formülasyonda bulunan nişastanın amiloz içeriği ile yağın miktar ve özellikleri etkili olmaktadır. Genel olarak, karışımın yağ içeriğinin %5'in altında olması ürün özelliklerini fazla etkilemezken, %5'in üzerine çıkması sürtünmeye bağlı mekanik enerji üretimi ve nişasta jelatinizasyonunu sınırlayarak genleşmeyi sınırlandırmaktadır. Yağ içeriği yüksek karışımlar işlenirken nem içeriğini düşürmek bu olumsuzluğu kısmen giderebilmektedir (Steel ve ark., 2012).

Ekstrüzyon sırasında işlem şartlarına bağlı olarak liflerin yapısı ve özellikleri değişmektedir (Mościcki ve ark., 2013). En önemli değişim liflerin çözünürlüğünün artmasıdır. Ekstrüzyonda kullanılan karışımın lif oranının artması ürünün besleyicilik değerini yükseltirken genleşmesini sınırlandırmaktadır. Lifler, su tutma kapasitelerinin yüksek olmaları nedeniyle nişasta jelatinizasyonunu sınırlandırmakta, ayrıca ürünün kalıptan çıkışı sırasında su buharını tutarak ürün genleşmesini olumsuz etkilemektedir (Yanniotis ve ark., 2007).

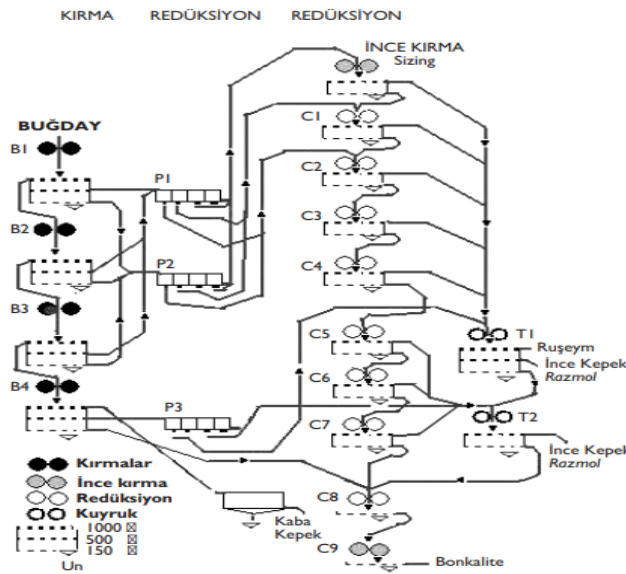
Ekstrüzyon şartlarına bağlı olarak enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ve antibesinsel maddelerin inaktivasyonu gerçekleşirken aroma maddeleri ve bazı vitaminlerde kısmi kayıplar söz konusu olmaktadır (Choton ve ark., 2020). Ekstrüzyon sırasında uygulanan yüksek sıcaklık, basınç ve kesme gerilimi, doğal toksinler ve çoğu antibesinsel maddelerin parçalanmasını sağlamaktadır (Tiwari ve Jha, 2017). Diğer taraftan C vitamini gibi sıcaklığa duyarlı vitaminlerde 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kayıplar meydana gelmektedir (Mościcki ve ark., 2013). Ancak, ısı işlem süresinin kısa olması ve ürünün hızlı bir şekilde soğuması, ekstrüzyon işleminde vitamin kayıplarının geleneksel ısı işleme tekniklerine göre daha düşük düzeyde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Tahıllarda bol bulunan tiamin, riboflavin ve niasin gibi B grubu vitaminlerindeki kayıpların ekstrüzyonda uygulanan sıcaklık, nem ve vida hızı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği bilinmektedir (Riaz ve ark., 2009). Diğer taraftan yağda çözünen A ve E vitaminleri ise ekstrüzyon şartlarında daha stabildir (Mościcki ve ark., 2013). Ekstrüde gıdaların vitamin içeriklerini ve hassas aroma maddelerini koruyabilmek için ekstrüzyon parametrelerinin iyi optimize edilmesi gerekmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Ekstrüzyon teknolojisinde hammadde özellikleri, proses parametreleri ve ürün karakteristiklerinin etkileşimi (Chessari ve Sellahewa, 2001; Masatcioğlu, 2013).

Buğday Öğütme Yan Ürünleri

Un fabrikaları oldukça kompleks bir tasarıma sahiptir. Tipik bir un fabrikasında hammadde depolama siloları, temizleme alet-ekipmanları, tavlama ve paçal yapma sistemleri ve siloları, öğütme ünitesi, ambalajlama, paketleme ve depolama bölümleri bulunmaktadır. Öğütme ünitesi sıralı bir şekilde konumlandırılmış çok sayıda öğütücü sistem (4-6 çift kırma valsi ve 10-15 çift inceltme/redüksiyon valsi), birkaç adet elek sistemi (plansifter) ve irmik sasörü (purifyer) içermektedir (Şekil 3). Bu sistemlerin optimum tasarımı, fabrikadaki organizasyonu ve etkin bir şekilde çalıştırılması mükemmel bir mühendislik ve ustalık gerektirmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).



Şekil 3. Basitleştirilmiş öğütme diyagramı (Elgün ve ark., 2010)

Buğdayın öğütülmesi sürecinde ana ürün ve yan ürünlerin oluşumlarını anlamak için öğütme prosesini kabaca özetlemekte yarar vardır. Temizlendikten sonra tavlanan ve gerekirse paçal yapılan buğday önce kırma sistemine gelir. Yivli yüzeylere sahip kırma valslerinde kademeli ancak eşzamanlı olarak tanenin kabuğu kazınarak ayrılır ve endospermi kabaca kırılır. Her bir kırma valsinden sonra oluşan materyal elek sisteminde sınıflandırılarak kaba kepek, iri endosperm parçacıkları (irmik) ve bir miktar un elde edilir. İrmik fraksiyonu irmik sasörlerinde daha detaylı sınıflandırıldıktan sonra uygun kırma veya inceltme valslerine gönderilir. Düz yüzeyli inceltme valslerine gelen irmik kademeli bir şekilde ezilerek inceltir ve elek sisteminde sınıflandırıldıktan sonra ruşeym, ince kepek ve un fraksiyonları elde edilir. Öğütme sisteminin en sonunda ise bir miktar düşük saflıkta materyal kalır. Bu fraksiyon “bonkalite un” olarak adlandırılır. Her bir kırma ve inceltme valsinden elde edilen un fraksiyonları birleştirilerek ticari anlamda ‘ekmeklik un’ (beyaz un, paçal un) elde edilir. Farklı kırma valslerinden elde edilen kaba kepek fraksiyonları birleştirilerek ‘kaba kepek’, inceltme valslerinden elde edilen ince kepek fraksiyonları birleştirilerek ‘ince kepek’ elde edilir. Kullanım amacına göre kaba ve ince kepek fraksiyonları karıştırılarak kısaca ‘kepek’ adıyla da satışa sunulabilir (Elgün ve ark., 2010).

Kepek

Ağırlıkça buğday tanesinin %13-19’una tekabül eden ve öğütme sanayiinin kullandığı bir kavram olan kepek; meyve kabuğu (perikarp), tohum kabuğu (testa), hiyalin tabakası ve aleuron hücrelerini içermektedir (Hossain ve ark., 2013). Buğday öğütülürken kırma valslerinden ayrılan büyük partiküllü kepeğe kaba kepek (bran, coarse bran) adı verilirken inceltme valslerinden sonra ayrılan ince partiküllü kepeğe ise ince kepek (razmol, shorts, fine bran) adı verilmektedir. Kaba ve ince kepek için sırasıyla kırmızı ve beyaz kepek terimleri de kullanılmaktadır (Bartnik ve Jakubczyk, 1989). Bu kepekler ayrı ayrı veya birleştirilerek piyasaya sunulabilmektedir.

Öğütülen buğday çeşidi ve öğütme diyagramına bağlı olarak değişmekle birlikte, ticari buğday kepeği %8-13 nem, %9-19 protein, %2-5 yağ, %4-8 kül, %33-63 lif ve %60-75 toplam karbonhidrat içermektedir (Javed ve ark., 2012; Kaur ve ark., 2012; Curti ve ark., 2013; Sobota ve ark., 2015; Yan ve ark., 2015). Buğday kepeği vitaminler (mg 100g⁻¹ olarak: E vitamini 0.13-9.5, tiamin 0.51-1.6, riboflavin 0.20-0.80, pridoksin 0.30-1.30 ve folat 0.088-0.80), mineral maddeler (mg 100g⁻¹ olarak: Fe 1.9-34.0, Mg 530-1030, P 900-1500, Zn 8.3-14.0 ve Mn 0.9-10.1) ve bazı biyoaktif fitokimyasallar (µg g⁻¹ olarak: alkil rezorsinoller 489-1429, fitosteroller 344-2050, ferulik asit 1376-1918, flavonoidler 3000-4300 ve bağlı fenolik bileşikler 4.73-2020) bakımından oldukça zengindir (Kim ve ark., 2006; Fardet, 2010; Brouns ve ark., 2012; Brewer ve ark., 2014; Luthria ve ark., 2015).

Ticari buğday kepeği selüloz, hemiselülozlar ve nişasta gibi farklı polisakkaritler içermektedir (Dülger ve Şahin, 2011). Kepekte %36.5-52.4 oranında toplam lif, %1.5-4 çözünebilir lif ve %35-48.4 çözünmez lif bulunmaktadır (Vitaglione ve ark., 2008). Kepekte bulunan karbonhidratların %46’sını nişasta olmayan polisakkaritler veya lifler (%74’ü hemiselüloz/arabinoksilan, %24’ü selüloz ve %6’sı β- glukan) oluşturmaktadır (Maes ve Delcour 2002). Buğday kepeği polisakkaritleri ağırlıklı olarak ksiloz, arabinoz, glikoz ve üronik asit polimerleri olup az miktarda ramnoz ve galaktoz ile eser miktarda fukoz ve mannoz içermektedir (Baladrán-

Quintana, 2015). Diğer taraftan kepekte az miktarda bulunan sakkaroz ve rafinoz ise sırasıyla kepeğin en önemli şeker ve oligosakkaritidir (Delcour ve Hosenev, 2010).

Buğday kepeğinin protein içeriği buğday ununa göre daha yüksek olup besleyicilik açısından da daha üstün bir amino asit profiline sahiptir (Baladrán-Quintana ve ark., 2015). Kepek proteinleri endosperm proteinlerine göre üç kat daha fazla arginin, iki kat daha fazla alanin, asparagin, glisin, histidin ve lizin, yarısı kadar da glutamin ve prolin amino asitleri içermektedir (Cornell, 2003).

Buğday kepeğinde besleyicilik değerini artıran fonksiyonel bileşenlerin yanında olumsuz etkileyen bazı antibesinsel bileşenler de (fitik asit, tripsin inhibitörleri vb) bulunmaktadır. Fitik asit tanede en yüksek oranda kabukta, dolayısıyla da kepekte bulunmaktadır (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007). Fitik asit divalent mineraller (Ca⁺⁺ ve Fe⁺⁺ vb) ile fitat kompleksleri oluşturarak sözkonusu minerallerin emilimlerini kısıtlamaktadır (Rickard ve Thompson, 1997). Fitik asit içeriği yüksek diyetlerden kalsiyum, magnezyum, çinko ve demir emilimlerinin düşük olduğu bilinmektedir (Kies 1985; Sandstrom ve Lonnerdal, 1989; Heaney ve ark., 1991; Larsson ve ark., 1996; Sandberg ve ark., 1999). Tripsin inhibitörleri ise ince bağırsakta proteaz enzimlerini inaktive ederek ve/veya proteinlerle kompleks yapılar oluşturarak protein sindirimini ve besleyicilik kalitesini düşürmektedir (Janicki ve ark., 1970).

Ruşeym

Ruşeym, buğday tanesinin ağırlıkça %2-3'lük kısmını oluşturmaktadır (Çetinyürek, 2012). Buğday tanesinin alt kısmında yer alan ruşeym, canlı için gerekli tüm hayati faaliyetlerin gerçekleştiği anatomik kısımdır. Ruşeym; lipitler, vitaminler, enzimler ve mineral maddeler bakımından zengindir (Delcour ve Hosenev, 2010).

Yapılan çalışmalar ticari ruşeymin %10-15 yağ, %26-35 protein, %17 şeker, %1.5-4.5 lif, %4 mineral madde (özellikle K, Mg, Ca, P, Zn ve Mn) ve yüksek oranlarda biyoaktif bileşenler (tokoferol 300-740 mg kg⁻¹, fitosterol 24-50 mg kg⁻¹, flavonoid (3.5 g kg⁻¹ rutin eşdeğeri), polikosanol 10 mg kg⁻¹, karetonoid 4-38 mg kg⁻¹, tiamin 15-23 mg kg⁻¹ ve riboflavin 6-10 mg kg⁻¹) içerdiğini göstermektedir (Panfili ve ark., 2003; Bilgiçli ve ark., 2006; Zhu ve ark., 2006; Brandolini ve Hidalgo, 2012). Likes ve ark. (2007), kepeğe kıyasla ruşeyimde iki kat daha fazla betain ve kolin olduğunu bildirmişlerdir. Ruşeym, E ve B vitaminleri bakımından zengin olup iyi bir α-tokoferol kaynağıdır (Pomeranz, 1987; Dunford ve Zhang, 2003; Güven ve Kara, 2015). Antioksidan içeriği yüksek olan ruşeymin canlılarda oksidatif stres seviyesini azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2011; Brandolini ve Hidalgo, 2012).

Brandolini ve Hidalgo (2012), yağı alınmış ruşeym posasının %35 protein içerdiğini, bunun %34.5'ini albuminler ve %15.6'sını globülinlerin oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ruşeym proteinlerinin biyolojik değeri, hayvansal kaynaklı proteinlere eşdeğer kabul edilmektedir (Ge ve ark., 2001). Zhu ve ark. (2006), ruşeym proteinlerinde sistein hariç yüksek miktarda glutamik asit, arginin, lösin, glisin, aspartik asit ve lizin bulunduğunu bildirmişlerdir. Yağı alınmış ruşeymin iyi bir bitkisel protein kaynağı ve doğal gıda takviyesi

olabileceği önerilmiştir (Brandolini ve Hidalgo, 2012). Yağı alınmış ruşeym sükroz, rafinoz ve pentozanlar gibi karbonhidratların da iyi bir kaynağıdır (Dubois ve ark., 1960).

Ruşeym yağı özellikle linoleik (18:2), palmitik (16:0) ve oleik (18:1) asitler bakımından zengindir. Ruşeym yağı tokollerini (288 mg 100 g⁻¹), α-tokoferol (%57), γ-tokoferol (%30) ve tokotrienoller (%11) oluşturmaktadır (Kumar ve Krishna, 2015). Ruşeym yağı fosfor (1.4 g kg⁻¹) bakımından da zengindir (Wang ve Johnson, 2001). Ruşeym mono ve digliseritleri içinde fosfolipitler (%14-17), polikosanoller (dokosanol, heksakosanol, oktakosanol ve triakontanol) ve fitosteroller (%60-70 sitosterol ve %20-30 kampesterol) bulunmaktadır (Dapčević-Hadnađev ve ark., 2018).

Ruşeym yağının tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ile α-tokoferol gibi antioksidanlar bakımından zengin olması insan sağlığı için önem taşımaktadır. Ruşeym yağında bol bulunan linoleik ve linolenik asitler vücutta sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gereken (elzem) yağ asitleridir. Yaklaşık 5 g ruşeym yağı insan metabolizması için gerekli olan 7-10 mg α-tokoferol ihtiyacını tek başına karşılamaktadır (Güven ve Kara, 2015). Ruşeym yağında yüksek oranda bulunan biyoaktif maddelerin kolesterol düşürücü ve yaşlanma geciktirici gibi önemli sağlık etkileri bulunmaktadır (Kahlon, 1989; Güven ve Kara, 2015).

Antioksidan aktivitelerini biyolojik reaksiyonlar yoluyla gerçekleştiren fenolik karakterli fitokimyasallar, buğday tanesinin kepek ve ruşeym kısmında yoğunlaşmıştır (Thompson, 1994; Meyer ve ark., 2000; Kasum, 2002; Menga ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda buğday kepeği ve ruşeyminde ferulik, diferulik, vanilik, sinapik, p-kumarik ve 4-hidroksibenzoik asit gibi fenolik maddelerin bulunduğu belirlenmiştir (Alvarez ve ark., 2006; Gallardo ve ark., 2006).

Ruşeym yağının içerdiği oleik, linoleik ve linolenik asit gibi doymamış yağ asitleri beslenme açısından avantaj sağlarken lipaz ve lipoksigenaz enzimleri tarafından kolayca okside edilerek acılaşımaya (ransidite) neden olmaktadır (Brandolini ve Hidalgo, 2012; Mahmoud ve ark., 2015). Bu problem ruşeym ve ruşeym katkılı ürünlerin raf ömürlerini kısaltmaktadır. Enzimatik oksidasyonu engellemek amacıyla ruşeym farklı yöntemlerle stabilize edilmektedir. Uygulanan yöntemler ya doğrudan enzim aktivitesini durdurarak ya da ortam koşullarını değiştirerek (asitlendirme, oksijensiz ortam gibi) oksidatif acılaşmayı engellemektedir (Marti ve ark., 2014). Isıl işlemler (kızartma, sıcak hava uygulamaları ve basınçlı ekstrüzyon) oksidatif ransidite gelişimini yavaşlatmak için kullanılan klasik yöntemlerdir (Haridas Rao ve ark., 1980). Kuru kavurma, otoklavlama, infrared ve ultraviyole-C ışınları ve ekşi hamur fermantasyonu da ruşeymin stabilizasyonunda kullanılmaktadır (Marti ve ark., 2014; Demir ve ark., 2019). Gıda sanayiinde yaygınlaşan ekstrüzyon ve mikrodalga pişirme uygulamaları ise hızlı ve etkili enzim inaktivasyonu sağlayan yöntemler haline gelmiştir (Matucci ve ark., 2004).

Bonkalite Un

Bonkalite un, buğdayın una öğütülmesinde prosesin sonunda arta kalan, dolayısıyla aleuron tabakası başta olmak üzere ince kepek, endosperm ve ruşeym parçacıkları içeren bir öğütme fraksiyonudur. Un fabrikalarında %0.5-3.0 verimle elde edilen bonkalite un, beyaz una göre protein, yağ, lif ve kül miktarları bakımından daha zengin

bir yan üründür (Hoseney, 1986; Delcour ve Hoseney, 2010). Yapılan çalışmalar bonkalite unun genel olarak %10-14 nem, %15-20 protein, %35-60 nişasta, %3-6 yağ, %3-6 kül ve %5-15 lif içerdiğini göstermektedir (Hill ve ark., 1960; Elgün ve Ertugay, 1995; Elliott ve ark., 2002; Kim ve ark., 2003; Hemdane ve ark., 2015; Sarfaraz ve ark., 2017; Casas ve ark., 2018). Bonkalite unun yığın yoğunluğu 498.5 g L^{-1} , ortalama partikül boyutu $146 \mu\text{m}$ ve su tutma kapasitesi 1.83 g g^{-1} olarak bildirilmiştir (Casas ve ark., 2018). Farklı bölgelerden toplanan ve yem hammaddesi olarak kullanılan bonkalite unların protein, yağ, ham selüloz, kül, kuru madde ve metabolik enerji miktarları sırasıyla %14.63-15.23, %2.51-3.22, %3.51-4.14, %2.32-2.55, %87.79-88.16 ve 2971-3063 kcal kg^{-1} olarak rapor edilmiştir (Çelik ve ark., 2003). Başka bir çalışmada (Karaman ve Erdemir, 2018), bonkalite unun kimyasal bileşimi klasik yöntemler ve NIR yaklaşımıyla ölçülerek karşılaştırılmıştır. Bonkalite unun ölçüm yöntemi sırasına göre %12.99-13.26 nem, %9.98-10.22 protein, %0.483-0.556 selüloz, %1.39-1.89 yağ, %0.83-1.51 kül, %62.99-66.54 nişasta, %0.563-1.786 asit deterjan lif ve %2.17-11.69 nötral deterjan lif içerdiği saptanmıştır.

Bonkalite un çorba karışımları, kuruyemiş kaplamaları, tutkal üretimi ve yöresel ekmek formülasyonlarında kullanılmakla birlikte hala çoğunlukla hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Pomeranz, 1988; Neves ve ark., 2006; Anonim, 2012). Bonkalite unun toplam protein içeriği beyaz undan daha yüksektir. Ancak bonkalite unun normal una göre albümin ve globülin proteinlerini daha yüksek oranda, buna karşılık gluten proteinlerini daha düşük oranda içermesi, bonkalite un proteinin teknolojik kalitesinin beyaz undan daha düşük olmasına sebep olmaktadır (Snyder ve Woods, 1904).

Buğday Öğütme Yan Ürünlerinin Ekstrüzyon Teknolojisinde Kullanımı

Kepeğin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı

Buğday öğütme yan ürünleri olan kepek, bonkalite un ve ruşeymin farklı kullanım alanları mevcuttur. Aşağıda ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak farklı ürün gruplarında değerlendirildiği çalışmalar sunulmuştur.

Singh ve ark. (2000), beslenme açısından dengeli olması için buğday kepeği ile kırık pirinç tanelerini karıştırarak ekstrüde (besleme hızı: 27 kg saat^{-1} , vida hızı: 300 dev dak^{-1} , çıkış sıcaklığı: $95 \text{ }^\circ\text{C}$) etmişlerdir. Buğday kepeği ilavesi sonrasında karışımın hem kalsiyum, fosfor, demir, bakır, tiamin, riboflavin gibi besleyici özelliklerinde hem de fitin fosforu ve tripsin inhibitörü gibi antibesinler faktörlerde artış meydana gelmiştir. Ekstrüzyonla pişirme sonrasında ise tiamin, riboflavin ve lizin içeriğinde kısmi azalma, fitin fosforu ve tripsin inhibitöründe ise kayda değer bir düşme (besleyicilik kalitenin artması) saptanmıştır.

Brennan ve ark. (2008), tam buğday ve normal buğday ununa %15 oranında ayrı ayrı guar gamı ve buğday kepeği ekleyerek çift vidalı ekstrüder kullanarak (besleme hızı: $6.75 \text{ kg saat}^{-1}$, su oranı: 0.29 L saat^{-1} , kovan sıcaklıkları: 40, 60, 80, 100, 140, 160 ve 180°C , vida hızı: 315 dev dak^{-1} , vida çapı: 3mm,) ekstrüde kahvaltılık gevrek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Guar gamı ve buğday kepeği katkısının ürünün genleşmesi üzerine hiçbir etkisinin olmadığı, ürünlerin yoğunluğunun yükseldiği, karbonhidrat sindirim hızı ve oranının ise önemli ölçüde düştüğü sonucuna varmışlardır.

Gajula ve ark. (2008), buğday ununa %10, 20 ve 30 oranlarında buğday kepeği ilave ederek çift vidalı ekstrüder (besleme hızı: 1.6 kg saat⁻¹, nem içeriği: %30, kovan sıcaklığı: 30, 32 34, 36, 38 ve 40 °C, vida hızı: 200 dev dak⁻¹) ile ön pişirme işlemine tabi tutmuşlardır. Ön pişirme işlemi sonucunda çözünebilir diyet lifi oranı %22'den %73'e çıkarken çözünmez diyet lifi oranı düşmüştür. Daha sonra buğday unu (kontrol) ve %20 kepek içeren ön işlem görmüş un kullanılarak tortilla ve kurabiye üretilmiştir. Her iki undan yapılan ürünlerin duyuşal özellikleri oldukça benzer ve kabul edilebilir bulunmuştur.

Kaur ve ark. (2015) farklı ekstrüzyon koşullarının (nem içeriği %14, 17 ve 20; ekstrüzyon sıcaklığı 115, 140 ve 165°C) buğday, arpa, yulaf ve pirinç kepeklerinin antibesinsel özelliklerine olan etkilerini çalışmışlardır. Ekstrüzyon işlemiyle fitik asit %54.51, polifenoller %73.38, oksalatlar %36.84 ve tripsin inhibitörleri %72.39 oranında düşmüştür.

Makowska ve ark. (2015), mısır irmiğine %20 ve %40 oranlarında yulaf, çavdar ve buğday kepeği ilave ederek tek vidalı ekstrüderde (nem içeriği: %15, kovan sıcaklıkları: 135 ve 175 °C, kalıp sıcaklığı: 135 °C, vida hızı: 90 dev dak⁻¹, kalıp çapı: 3 mm) altı farklı ekstrüde çerez üretmişler ve ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Ekstrüde ürünlerin kepek oranlarının artmasıyla renk özellikleri değişmiş (L* ve b* değeri azalırken, a* değeri artmış), genleşmesi düşmüş ve yoğunluğu artmıştır. Duyusal olarak en yüksek kabul edilebilirlik %20 oranında yulaf kepeği içeren ekstrüde üründe, en düşük kabul edilebilirlik ise %40 oranında buğday kepeği içeren çerezde sağlanmıştır. Ürünlerin genel beğenisi gevreklik arttıkça yükselmiş, sertlik ve yoğunluk arttıkça düşmüştür. Gözeneklilik, tat, renk ve genleşme oranı arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Kepek katkı ürünlerin toplam diyet lifi içerikleri %6.5-15.8, çözünebilir diyet lifi içerikleri ise %2.1-3.7 arasında değişmiştir. Genel olarak, kepek ilave oranının artması ürünlerin duyuşal ve teknolojik kalitelerini düşürürken besleyicilik değerlerini yükseltmiştir. Düşük oranda (%20) kepek katılan ekstrüde çerezlerin gerek diyet lifi içerikleri gerekse duyuşal kaliteleri kabul edilebilir nitelikte bulunmuştur.

Dar ve ark. (2016), pirinç ununa buğday, yulaf ve pirinç kepeklerini (%10, 20 ve 30) ayrı ayrı ve kombine şekilde (buğday:pirinç:yulaf oranı 2:1.5:1.5) çift vidalı ekstrüder (besleme hızı: 20 kg saat⁻¹, nem içeriği: %17, kovan sıcaklıkları: 25, 75, 100 ve 170°C, vida hızı: 500 dev dak⁻¹) kullanarak ekstrüde çerez üretmişler ve depolamanın toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değişimlerine etkilerini incelemişlerdir. Oda sıcaklığında 6 ay depolanan kepekli ekstrüde çerezlerin toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan kapasitelerinde azalma meydana gelirken nem içerikleri, su aktiviteleri ve serbest yağ asitliklerinde kayda değer bir değişim saptanmadığı raporlanmıştır.

Fleischman ve ark. (2016), farklı oranlarda (%12.5, 25 ve 37.5) üç farklı buğday (sert kırmızı, yumuşak beyaz ve mor) sınıfından üretilen kepekleri tek vidalı ekstrüder (besleme hızı: 2.96 kg saat⁻¹, kovan sıcaklıkları: 50, 100 ve 140°C, vida hızı: 250 dev dak⁻¹, kalıp çapı: 3cm) kullanarak ekstrüde çerez üretmişlerdir. Ekstrüde ürünler fiziksel özellikler ve antioksidan kapasite bakımından değerlendirilmiştir. Yüksek oranda kepek ilavesi ürünlerin su absorplama kapasitelerini artırarak özelliklerini değiştirmiştir. Çerezlerin Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite değerleri kırmızı ve mor buğday kepeklerinin ilavesiyle yaklaşık %37.5 oranında artmıştır

Şahin ve ark. (2021), buğday kepeğini ekstrüde mısır çerezi üretiminde kullanmışlardır. Çalışmada üretilen ekstrüde çerezlerin fiziksel özellikleri dikkate alınarak Yanıt Yüzey Metodu ile optimizasyon gerçekleştirilmiş,

optimizasyon koşulları %14 nem içeriği, 120°C kalıp sıcaklığı, %10 kepek oranı ve %10 mısır nişastası katkı oranı olarak belirlenmiştir. Optimum şartlarda üretilen ve kepek oranı kademeli olarak artırılan ekstrüde çerezlerinin kepek katkılama oranının artmasıyla fiziksel özelliklerinin olumsuz etkilendiği ancak besleyicilik özelliklerinin geliştiğini bildirilmiştir.

Ruşeymin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı

Buğday öğütme yan ürünü olan ruşeymin ekstrüde gıda üretiminde değerlendirilmesine yönelik sınırlı sayıda çalışma yürütülmüştür. Schultz, (1984), buğday nişastasına farklı oranlarda stabilize edilmiş buğday ruşeymi (%5, 10, 15, 20, 25, 30) ilave etmiş, sıcaklık ve nem parametrelerini değiştirerek tek vidalı ekstrüder ile farklı ürünler üretmiştir. Ruşeym miktarı %20 ve üzerine çıktığında, sıcaklık ve nem parametrelerinin gevreklik üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Yaseen ve Shouk (2005), yağı alınmış ruşeymi %15 oranında mısır irmiği ile yer değiştirerek mısır çerezi üretiminde kullanmışlardır. Ürünler farklı ekstrüzyon koşullarında (nem %14, 18 ve 22; sıcaklık 140, 160 ve 180°C; vida hızı 180, 210 ve 240 dev dak⁻¹) tek vidalı ekstrüder kullanılarak üretilmiş; ürünlerin fonksiyonel özellikleri, gözenek yapısı ve duysal özellikleri incelenmiştir. En iyi ürün karışım nem oranı %14, ekstrüzyon sıcaklığı 160°C ve vida hızı 240 dev dak⁻¹ kombinasyonunda elde edilmiştir.

Gómez ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada tek vidalı ekstrüder kullanarak ekstrüde ettikleri buğday ruşeyminin (2.5, 5, 7.5, 10 ve 20 gr 100 gr⁻¹ un) hamur reolojisi ve ekmek kalitesinin fiziksel ve duysal özellikleri üzerine etkilerine çalışmışlardır. Ekstrüde edilmiş ruşeymin ekmek hamuruna ilave edilmesi hamurun su absorplama ve hamur gelişim süresini artırırken, yoğurma stabilitesi, hamur mukavemeti ve uzayabilirliğini azaltmıştır. Ekstrüde edilmiş ruşeym ilavesi ile yapılan ekmeklerin hacim, yapışkanlık ve elastikiyetinde azalma meydana gelirken sertliği artmıştır. Tüm ekmekler (10 g ruşeym 100 g⁻¹ un ilaveli ekmek hariç) duysal değerlendirmede yüksek beğeni skoru almıştır. Ruşeymin ekstrüde edilmesinin hamur reolojisi ve ekmek kalitesini artırdığı bildirilmiştir.

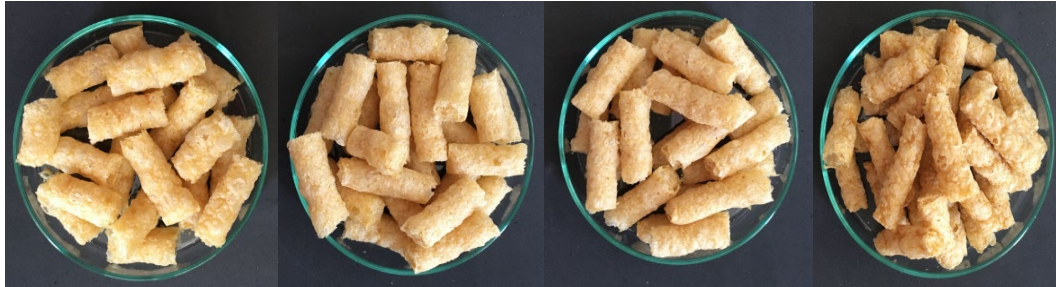
Şahin ve ark. (2022), yaptığı çalışmasında ruşeyme herhangi bir işlem uygulamadan (stabilizasyon, yağı uzaklaştırma gibi) ekstrüde mısır çerezi üretiminde kullanmıştır. Çalışmada ruşeym, mısır nişastası oranı, nem içeriği ve kalıp sıcaklığı Merkezi Kompozit Tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum ürün koşulları ruşeym oranı %16, mısır nişastası oranı %30, kalıp sıcaklığı 140°C ve nem içeriği %14.97 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında optimum üründeki katkı oranı baz alınarak katkı oranları artırılmış (%16, 18, 29, 20 ve 22) ve belirlenen 5 ürünün besleyici, fonksiyonel ve duysal özellikleri incelenmiştir (Şekil 4). Optimize edilen oranda ruşeym ilavesi (%16) ekstrüde çerezlerin fiziksel özelliklerini olumlu etkilerken, oranların artırılması ürünlerin fiziksel özelliklerini kısmen zayıflatmıştır. Ruşeym oranı arttıkça ekstrüde mısır çerezlerinin besleyicilik ve fonksiyonel özellikleri ise önemli düzeyde artmıştır. Duysal değerlendirme sonucuna göre %20 ruşeym katkılı ekstrüde mısır çerezi en çok beğenilen ürün olmuştur. Oda koşullarında depolanan ekstrüde mısır çerezleri 90. günün sonunda dahi sevilerek tüketilmiştir. Bu durum herhangi bir işlem uygulanmadan kullanılan ruşeymin ekstrüzyon koşullarında stabil kaldığını, ekstrüzyonun iyi bir stabilizasyon aracı olduğunu göstermiştir.



Şekil 4: Ruşeym katkılı ekstrüde mısır çerez (RKEMÇ) örnekleri (Şahin, 2021)

Bonkalite Unun Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı

Bonkalite unun ekstrüzyon teknolojisinde kullanımı ile ilgili sadece bir çalışmaya (Şahin ve ark. 2023) rastlanmıştır. Çalışmada bonkalite un mısır irmiği ile yer değiştirilerek bonkalite un katkılı ekstrüde mısır çerezi üretimi optimize edilmiştir. Belirlenen optimum proses koşullarında (nem içeriği %13.5, bonkalite un oranı %20, vida hızı 468 dev dak⁻¹ ve kalıp sıcaklığı 110 °C) üretilen mısır çerezinin besleyicilik ve fonksiyonel özelliklerinin bonkalite un katkısı nedeniyle önemli düzeyde arttığı saptanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: Farklı oranlarda (soldan sağa %20, 25, 30 ve 35) bonkalite un katkılı ekstrüde mısır çerez (BUKEMÇ) örnekleri (Şahin, 2021)

Sonuç

Ekstrüzyon teknolojisi, nişasta ağırlıklı hammaddelerin uygun yardımcı maddelerle birlikte düşük nem düzeyinde ekstrüder adı verilen hidrotermal ve mekanik bir sistemde oldukça kısa sürede (1-2 dak) karıştırılması/yoğrulması, pişirilmesi ve şekillendirilmesi işlemlerini tek bir cihazda eş zamanlı olarak gerçekleştirmektedir. Benzer işlemleri gerçekleştirebilen diğer gıda işleme tekniklerine göre daha az alan, enerji ve iş gücü gerektirmekte ve çevreye zarar veren atık üretmemektedir. Buğday öğütme sanayii yan ürünleri olan kepek, ruşeym ve bonkalite unun besleyicilik ve fonksiyonel özellikleri yüksek olmakla birlikte kullanıldığı unlu mamullerde duyuşal ve teknolojik problemlere neden olmaktadır. Ekstrüzyon teknolojisi, öğütme sanayii başta olmak üzere gıda sanayii yan ürünleri ve artıklarının katma değeri yüksek gıda ürünlerine işlenebilmesine oldukça uygun bir teknik olarak görülmektedir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma “Değirmencilik Yan Ürünlerinden Bonkalite Un ve Ruşeymin Ekstrüde Çerez Üretiminde Kullanımı” başlıklı doktora tezinden hazırlanmıştır. Çalışmaya 02-M-20 proje numarası ile destek sağlayan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne, ayrıca tez danışmanlarım sayın Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ ve Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN'a teşekkür ederim. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış olup yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Alam, M.S. Kaur, J. Khaira, H. and Gupta, K. 2015. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 445-473.
- Álvarez, P. Alvarado, C. Mathieu, F. Jiménez, L. and De la Fuente, M. 2006. Diet supplementation for 5 weeks with polyphenol-rich cereals improves several functions and the redox state of mouse leucocytes. *European Journal of Nutrition*, 45(8), 428-438.
- Anonim, 2012. Bonkalite kullanıldığı alanlar. <http://www.caglayanlarun.com/tr/219/Bonkalite>, (Erişim tarihi: 21.03.2020).
- Balandrán-Quintana, R.R. Mercado-Ruiz, J.N. and Mendoza-Wilson, A.M. 2015. Wheat bran proteins: a review of their uses and potential. *Food Reviews International*, 31(3), 279-293.
- Bartnik, M. and Jakubczyk, T. 1989. Chemical composition and the nutritive value of wheat bran. *Nutritional Value of Cereal Products, Beans and Starches*, 60, 92-131.
- Bhatnagar, S. and Hanna, M.A. 1994. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. *Cereal Chemistry*, 71(6), 582-586.
- Bhattacharya, S. 2011. Raw materials for extrusion of foods: *Advances in Food Extrusion Technology*, Ed.: Maskan, M. and Altan, A. CRC press, Dublin, Ireland, pp: 87-102.
- Bilgiçli, N. Elgün, A. Herken, E.N. Ertaş, N. and İbanoğlu, Ş. 2006, Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 680-686.
- Brandolini, A. and Hidalgo, A. 2012 Wheat germ: not only a by-product. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63, 71-74.
- Brennan, M.A. Merts, I. Monro, J. Woolnough, J. and Brennan, C.S. 2008. Impact of guar and wheat bran on the physical and nutritional quality of extruded breakfast cereals. *Starch-Stärke*, 60(5), 248-256.

- Brewer, L.R. Kubola, J. Siriamornpun, S. Herald, T.J. and Shi, Y.C. 2014. Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 152, 483–490.
- Brouns, F. Hemery, Y. Price, R. and Anson, N.M. 2012. Wheat aleurone: separation, composition, health aspects, and potential food use. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6), 553-568.
- Casas, G.A. Rodriguez, D.A. and Stein, H.H. 2018. Nutrient composition and digestibility of energy and nutrients in wheat middlings and red dog fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 96(1), 215-224.
- Chessari, C.J. and Sellahewa, J.N. 2001. Effective process control. *Extrusion Cooking, Technologies and Applications*, Ed.: Guy, R., Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp:83-107.
- Choton, S. Gupta, N. Bandral, J.D. Anjum, N. and Choudary, A. 2020. Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 9(2), 162-168.
- Cornell, H. 2003. The chemistry and biochemistry of wheat. *Breadmaking*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp:31-66.
- Curti, E. Carini, E. Bonacini, G. Tribuzio, G. and Vittadini, E. 2013. Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*, 57, 325–332.
- Çelik, K. Ertürk, M.M. ve Ersoy, İ.E. 2003. Farklı yem fabrikalarından örneklenen karma yem ve yem ham maddelerinde bazı kalite öğelerinin kantitatif araştırılması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 161-168.
- Çetinyürek, F. 2012. Buğday Ruşeymi ve Buğday Ruşeym Yağının Antioksidan Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aydın.
- Dapčević-Hadnađev, T. Hadnađev, M. and Pojić, M. 2018. The healthy components of cereal by-products and their functional properties: *Sustainable Recovery and Reutilization of Cereal Processing By-Products*, Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp:27-61
- Dar, B.N. Sharma, S. and Nayik, G.A. 2016. Effect of storage period on physiochemical, total phenolic content and antioxidant properties of bran enriched snacks. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(4), 755-761.
- Delcour, J.A and Hoseney, R.C. 2010. Principles of cereal science and technology. AACC International, St. Paul, Minnesota, USA. pp: 229-235.
- Demir, M.K. Bilgiçli, N. Türker, S. ve Demir, B. 2019. Farklı stabilizasyon işlemleri uygulanmış buğday ruşeymlerinin depolama özellikleri. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), 67-75.
- Dubois, M. Geddes, W.F. and Smith, F. 1960. The carbohydrates of the Gramineae, 10, A quantitative study of the carbohydrates of wheat germ. *Cereal Chemistry*, 37, 557-568.
- Dunford, N.T. and Zhang, M. 2003. Pressurized solvent extraction of wheat germ oil. *Food Research International*, 36(9-10), 905-909.

- Dülger, D. ve Şahan Y. 2011. Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 147-158.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z. 1995. *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum 376s.
- Elgün, A., Artık, N. Kıvanç M. ve Poyrazoğlu E.S. 2010. Un değirmenciliği ve un kalitesi. *Bitkisel Ürünlerin Kalite Kontrolü*. Ed: Ayaz-Tüylü, B. Anadolu Üniversitesi Web Ofset Tesisleri, Eskişehir, Türkiye, 221-245s.
- Elliott, D.C. Orth, R.J. Gao, J. Werpy, T.A. Eakin, D.E. Schmidt, A.J. and Neuenschwander, G.G. 2002. Biorefinery concept development based on wheat flour milling. *Fuel Chemistry Division Preprints*, 47(1), 361-362.
- Fardet, A. 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre? *Nutrition Research Reviews*, 23(1), 65-134.
- Fellows, P. 2012. Extrusion of foods. *Practical Action Technology Challenging Poverty*, United Kingdom. pp:1-4.
- Fleischman, E.F. Kowalski, R.J. Morris, C.F. Nguyen, T. Li, C. Ganjyal, G. and Ross, C.F. 2016. Physical, textural, and antioxidant properties of extruded waxy wheat flour snack supplemented with several varieties of bran. *Journal of Food Science*, 81(11), 2726-2733.
- Gallardo, C. Jimenez, L. and Garcia-Conesa, M.T. 2006. Hydroxy cinnamic acid composition and in vitro antioxidant activity of selected grain fractions. *Food Chemistry*, 99(3), 455-463.
- Gajula, H. Alavi, S. Adhikari, K. and Herald, T. 2008. Precooked bran-enriched wheat flour using extrusion: Dietary fiber profile and sensory characteristics. *Journal of Food Science*, 73(4), 173-179.
- Ge, Y. Sun, A. Ni, Y. and Cai, T. 2001. Study and development of a defatted wheat germ nutritive noodle. *European Food Research and Technology*, 212(3), 344-348.
- Gómez, M. González, J. and Oliete, B. 2012. Effect of extruded wheat germ on dough rheology and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2409-2418.
- Grandison, A.S. and Brennan, J.G. 2012. *Food Processing Handbook*, John Wiley and Sons. United Kingdom, 826p.
- Grasso, S. 2020. Extruded snacks from industrial by-products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 284-294.
- Guy, R.E. 2001. Raw materials for extrusion cooking: *Extrusion Cooking: Technologies and Applications*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp: 5-28.
- Güven, M. ve Kara, H.H. 2015. Some chemical and physical properties, fatty acid composition and bioactive compounds of wheat germ oils extracted from different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 433-443.

- Haridas Rao, P. Kumar, G.V. Ranga Rao, G.CP. and Shurpalekar S.R. 1980. Studies on stabilization of wheat germ. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 13, 302-307.
- Harper, J.M. 1989. Food extruders and their applications. *Extrusion cooking*, Ed.: Mercier, C., Linko and P. and Harper, J.M. American Association of Cereal Chemists, Minnosata, USA, pp:1-15.
- Heaney, R.P. Weaver C.M. and Fitzsimmons M.L. 1991. Soybean phytate content: effect on calcium absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 745–747.
- Hemdane, S. Leys, S. Jacobs, P.J. Dornez, E. Delcour, J.A. and Courtin, C.M. 2015. Wheat milling by-products and their impact on bread making. *Food Chemistry*, 187, 280-289.
- Hill, F.W. Anderson, D.L. Renner, R. and Carew Jr. L.B. 1960. Studies of the metabolizable energy of grain and grain products for chickens. *Poultry Science*, 39(3), 573-579.
- Hoseney, R.C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. AACC International, Minnosata, USA, 270p.
- Hossain, K.. Ulven, C. and Glover, K. 2013. Interdependence of cultivar and environment on fibre composition in wheat bran. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 525–531.
- Janicki, J. Warchalewski, J. Skupin, J. and Kowalczyk, J. 1970. Trypsin inhibitors of plant origin. *Postepy Biochemii*, 16(1), 101-118.
- Javed, M.M., Zahoor, S. Shafaat, S. Mehmooda, I. Gul, A. Rasheed, H.,... and Aftab, M.N. 2012. Wheat bran as a brown gold: nutritious value and its biotechnological applications. *African Journal of Microbiology Research*, 6(4), 724-733.
- Kahlon, T. 1989 Nutritional implications and uses of wheat and oat kernel oil. *Cereal Food World*, 34, 872–875.
- Kasum, C.M. Jacobs Jr, D.R. Nicodemus, K. and Folsom, A.R. 2002 Dietary risk factors for upper aerodigestive tract cancers. *International Journal of Cancer*, 99(2), 267-272.
- Karaman, M. ve Erdemir, S. 2018. Kanatlı hayvanların beslenmesinde kullanılan bazı karma yemlerin kimyasal kompozisyonunun nearinfraredreflektans spektroskopisi (NIRS) ile belirlenmesi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 1(2), 24-28.
- Kaur, G. Sharma, S. Nagi, H.P.S. and Dar, B.N. 2012. Functional properties of pasta enriched with variable cereal bran. *Journal of Food Science and Technology*, 49(4), 467-474.
- Kaur, S., Sharma, S., Singh, B. and Dar, B.N. 2015. Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal bran. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1670-1676.
- Kies, C. 1985. Effect of dietary fat and fibre and calcium bioavailability: *Nutritional Bioavailability of Calcium*, Ed.: Kies C. ACS Publications, Washington DC, USA, pp 175–187..
- Kim, Y. Flores, R. Chung, O. and Bechtel, D. 2003. Physical, chemical, and thermal characterization of wheat flour milling coproducts. *Journal of Food Process Engineering*, 26(5), 469-488.
- Kim, K.H. Tsao, R. Yang, R. and Cui, S.W. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95(3), 466-473.
- Kumar, G.S., and Krishna, A.G. 2015. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 1145-1151.

- Larsson, M. Hulthen, L. Sandstrom, B. and Sandberg, A.S. 1996. Improved zinc and iron absorption from breakfast meals containing malted oats with reduced phytate content. *British Journal of Nutrition*, 76:677–688.
- Leonard, W. Zhang, P. Ying, D. and Fang, Z. 2019. Application of extrusion technology in plant food processing by products: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 218-246.
- Likes, R. Madl, R.L. Zeisel, S.H. and Craig, S.A. 2007. The betaine and choline content of a whole wheat flour compared to other mill streams. *Journal of Cereal Science*, 46(1), 93-95.
- Liyana-Pathirana, C.M. and Shahidi, F. 2007. The antioxidant potential of milling fractions from bread, wheat and durum. *Journal of Cereal Science*, 45, 238–247.
- Luthria, D.L. Lu, Y. and John, K.M. 2015. Bioactive phytochemicals in wheat: Extraction, analysis, processing, and functional properties. *Journal of Functional Foods*, 18, 910-925.
- Maes, C. and Delcour, J.A. 2002. Structural characterisation of water extractable and water unextractable arabinoxylans in wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 35, 315–326.
- Mahmoud, A.A. Mohdaly, A.A. and Elneairy, N.A. 2015. Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics. *Food and Nutrition Sciences*, 6(2), 265.
- Makowska, A. Polcyn, A. Chudy, S. and Michniewicz, J. 2015. Application of oat, wheat and rye bran to modify nutritional properties, physical and sensory characteristics of extruded corn snacks. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(4), 375-386.
- Marti, A. Torri, L. Casiraghi, M.C. Franzetti, L. Limbo, S. Morandin, F. ... Pagani, M.A. 2014. Wheat germ stabilization by heat-treatment or sourdough fermentation: Effects on dough rheology and bread properties. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1100-1106.
- Masatcioğlu, M.T. 2013. Ekstrüzyon pişirmenin maillard reaksiyonu üzerine etkileri, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 126 s.
- Maskan, M. and Altan, A. 2016. Development of extruded foods by utilizing food industry by-products. *Advances in Food Extrusion Technology*, Ed.: Maskan M and Altan, A., CRC press, Dublin, Ireland, pp: 121-168.
- Matucci, A. Veneri, G. Dalla Pellegrina, C. Zoccatelli, G. Vincenzi, S. Chignola, R. ... Rizzi, C. 2004. Temperature-dependent decay of wheat germ agglutinin activity and its implications for food processing and analysis. *Food Control*, 15(5), 391-395.
- Mazlan, M. Talib, R.A. Mail, N.F. Taip, F.S. Chin, N.L. Sulaiman, R. ... Mohd Nor, M.Z. 2019. Effects of extrusion variables on corn-mango peel extrudates properties, torque and moisture loss. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 54-70.
- Menga, V. Fares, C. Troccoli, A. Cattivelli, L. and Baiano, A. 2010. Effects of genotype, location and baking on the phenolic content and some antioxidant properties of cereal species. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(1), 7-16.

- Menis-Henrique, M.E.C. Scarton, M. Piran, M.V.F. and Clerici, M.T.P.S. 2020. Cereal fiber: extrusion modifications for food industry. *Current Opinion in Food Science*, 33, 141-148.
- Meyer, K.A. Kushi, L.H. Jacobs Jr, D.R. Slavin, J. Sellers, T.A. and Folsom, A.R. 2000. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 921-930.
- Moscicki, L.M. Mitrus, A. Wojtowicz, T. and Oniszczyk, A. Rejak. 2013. Extrusion cooking of starch. *Advances in Agrophysical Research*, Ed.: Grundas S. and Stepniewski, InTech, Croatia, pp: 319–346.
- Neves, M.A.D. Kimura, T. Shimizu, N. and Shiiba, K.. 2006. Production of alcohol by simultaneous saccharification and fermentation of low-grade wheat flour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(3), 481-490.
- Offiah, V. Falade, K.O. and Kontogiorgos, V. 2019. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18), 2979-2998.
- Panfili, G. Cinquanta, L. Fratianni, A. and Cubadda, R. 2003. Extraction of wheat germ oil by supercritical CO₂: oil and defatted cake characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(2), 157-161.
- Pomeranz, Y. 1987. Extrusion products. *Modern Cereal Science and Technology*, VCH Publishers, Germany 453-463.
- Pomeranz, Y. 1988. *Wheat: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA, 214p.
- Riaz, M.N. Asif, M. and Ali, R. 2009. Stability of vitamins during extrusion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(4), pp: 361-368.
- Rickard, S.E. and Thompson, L.U. 1997. Interactions and biological effects of phytic acid. Antinutrients and Phytochemicals in Foods, Ed: Shahidi F., American Chemical Society, Washington D.C, USA. pp: 294-312.
- Sandberg, A.S. Brune, M. Carlsson, N.G. Hallberg, L. Skoglund, E. and Rossander-Hulthén, L. 1999. Inositol phosphates with different numbers of phosphate groups influence iron absorption in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(2), 240-246.
- Sandström, B. and Lönnerdal, B. 1989. Promoters and antagonists of zinc absorption, In *Zinc In Human Biology*, Springer, London, England, pp. 57-78.
- Sarfraz, A. Azizi, M.H. Gavlighi, H.A. and Barzegar, M. 2017. Physicochemical and functional characterization of wheat milling co-products: Fine grinding to achieve high fiber antioxidant-rich fractions. *Journal of Cereal Science*, 77, 228-234.
- Schultz, M.F. 1984. Properties of extruded wheat starch: wheat germ mixtures as affected by temperature, moisture, and level of wheat germ. Master's Thesis. *Kansas State University*, USA, 66 p.
- Singh, D. Chauhan, G.S. Suresh, I. and Tyagi, S.M. 2000. Nutritional quality of extruded snacks developed from composite of rice brokens and wheat bran. *International Journal of Food Properties*, 3(3), 421-431.
- Snyder, H. and Woods, C.D. 1904. *Wheat Flour and Bread*, Department of Agriculture, US pp: 342-362

- Sobota, A. Rzedzicki, Z. Zarzycki, P. and Kuzawinska, E. 2015. Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 111–119.
- Steel, C.J. Leoro, M.G.V. Schmiele, M. Ferreira, R.E. and Chang, Y.K. 2012. Thermo plastic extrusion in food processing. *Thermoplastic Elastomers*, 265, 411-487
- Şahin, N. Bilgiçli, N. ve Sayaslan, A. 2021. Kepek katkılı ekstrüde mısır çerezinin besleyicilik ve fonksiyonel özelliklerinin araştırılması. *Food and Health*, 7(2), 103-119.
- Şahin, N. 2021. Değirmencilik Yan Ürünlerinden Bonkalite Un ve Ruşeymin Ekstrüde Çerez Üretiminde Kullanımı, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 135 s.
- Şahin, N. Bilgiçli, N. ve Sayaslan, A. 2022. Enhancement of extruded corn snacks with substitution of wheat germ, invaluable milling by-product. *Journal of Food Processing and Preservation*, e17125.
- Şahin, N. Bilgiçli, N. Sayaslan, A. 2023. Improvement of functional and nutritional properties of extruded snacks with the utilization of red dog flour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66, 1-11.
- Thompson, L.U. 1994. Antioxidants and hormone-mediated health benefits of whole grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(5-6), 473-497.
- Tiwari, A. and Jha, S.K. 2017. Extrusion cooking technology: Principal mechanism and effect on direct expanded snacks—An overview. *International Journal of Food Studies*, 6, 113–128.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Veri Servisi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, [Erişim Tarihi: 9 Haziran 2020].
- Vitaglione, P. Napolitano, A. and Fogliano, V. 2008. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends Food and Science Technology*, 19, 451–463.
- Wang, T. and Johnson, L.A. 2001. Refining high-free fatty acid wheat germ oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(1), 71-76.
- Yağcı, S. 2015. Ekstrüzyon ile Pişirme Yöntemleri Ders Notu. Karaman. 50s.
- Yan, X. Ye, R. and Chen, Y. 2015. Blasting extrusion processing: the increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble- fiber polysaccharides from wheat bran. *Food Chemistry*, 180, 106–115.
- Yanniotis, S. Petraki, A. and Soumpasi, E. 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded corn starch. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 594-599.
- Yaseen, A.A.E. and Shouk, A.A. 2005. Effect of extrusion variables on physical, structure and sensory properties of wheat germ-corn grits extrudates. *Egyptian Journal of Food Science*, 33(1), 57.
- Zhu, K.X. Zhou, H.M. Qian, H.F. 2006. Comparative study of chemical composition and physicochemical properties of defatted wheat germ flour and its protein isolate. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 329–341.
- Zhu, K.X. Lian C.X. Guo X.N. Peng W. and Zhou H.M. 2011. Antioxidant activities and total phenolic content of various extracts from defatted wheat germ. *Food Chemistry*, 126, 1122–1126.



Bitki İyonomiks: İyonların Biyolojik Dili^A

Berna BAŞ^{1*}

Öz: İyonomiks giderek genişleyen, disiplinlerarası yeni bir alandır ve bir dış uyarana tepki sonucunda canlıların fizyolojisi, gelişimi ve gen ifadesinde değişimine neden olan besin elementlerinin niceliği, haritalanması ve aynı zamanda elementler ağ sisteminde elementler-arası etkileşimi çalışır. Bu perspektiften, iyonumun vizyonu elementlerin kapsamlı fonksiyonel analizidir ve organizmaların metabolizması, gelişimi, genomu ve çevresinin etkisiyle iyon dengesini kontrol etmek amacıyla stratejiler gelişimine de imkan vermektedir. Bu yaklaşımla bitkilerdeki besin maddelerinin elemental/iyonik pozisyonları bitkilerin doğal çevrelerine adaptasyonları, hastalık durumları ve hastalıklara dayanıklılık özellikleriyle ilgili bilgiler verir. Sunulan derleme iyonomiks konusunun tanıtımı, iyonumun potansiyeli ve uygulama alanları özellikle patogenezdaki rollerini ortaya koymak amacıyla ele alınmıştır.

Anaktar Kelimeler: Bitki iyonumu, element analizi, besin elementleri, hastalık iyonomisi.

Plant Ionomics: Biological Language of Ions

Abstract: Ionomics is a novel increasingly expanding multidisciplinary field and works quantification, mapping of nutritional elements biography of living organisms and simultaneous inter-elemental interaction into elements network system in response to external stimulants which are caused to eventually changes of physiology, development and gene expression. In this perspective, ionomic vision is comprehensive functional analysis of elements and also enables strategy development to control nutritional ion homeostasis in effect of metabolism, development, genome and ambient of organism. With this approach, elemental/ionic position of nutrient

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Berna BAŞ, Gaziantep Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Gaziantep Türkiye, bas@gantep.edu.tr, [OrCID 0000-0003-2455-2849](https://orcid.org/0000-0003-2455-2849)

Atf/Citation: Baş, B. 2023. Bitki İyonomiks: İyonların Biyolojik Dili. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 263-288. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1133666>

compounds in plants gives information about such as their adaptation to local and natural medium, disease status, disease resistant properties. This review is addressed introduction of ionomics, potential range of ionic insights and their application areas, particularly roles in pathogenesis to disclose.

Keywords: Plant ionome, elemental analysis, nutrient elements, disease ionomy.

Giriş

Genomiks, epigenomiks, glikomiks, lipidomiks, metabolomiks, mikrobiyomiks, proteomiks, transkriptomiks ve şimdi de iyonomiks. Cümleden anlaşılacağı gibi biyoloji biliminin farklı disiplinlerinde illegal kullanılan “omiks” (veya İngilizce’de omics), ilgili bilimsel kelimenin sonuna eklenerek türetilmektedir. Bugüne kadar ortaya çıkarılan sonuçlar göstermiştir ki, omiks çalışmaları kolektif olarak, bir biyolojik yapının örneğin organizma, doku, organ, hücre, organelin yapısı ve fonksiyonuyla ilgili biyolojik moleküller ile bu moleküllerin fiziko-kimyasal dinamiği, kimyasal, biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik olarak tanımlaması, karakterize ve kantite edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Biyoinformatik kayıtlar içinde tutulan bu omiks sonuçları hem bir organizmanın hem de farklı organizmaların karşılaştırmalı olarak analiz edilmesine de olanak sağlamaktadır.

Günümüzde periyodik cetvelde doğal ve yapay 118 element kayıtlıdır (Terranova ve Tavares, 2022). Bunlardan 29 element çeşitli organizmaların yaşam faaliyetleri için hayati önem taşıdığı için mutlak gerekli elementtir (Pais ve Jones, 1997). Biyolojik olarak önemli olan bu elementler hücrelerde, organellerde, molekülerde doğrudan element olarak değil ama mako- ve mikro-moleküllerin içinde yer alan yapı taşları, bağlı veya serbest iyonlar/moleküller olarak bulunmaktadır. Hücre, doku, organ, makromolekül gibi organize olmuş yapılar kül haline gelince karşımıza elementler çıkmaktadır. Böylece temelde elementler aslında bütün yaşayan canlıların biyolojik temel yapıtaşlarıdır. En küçük atom-parçaçıktan başlayarak çok çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikli yapıtaşları bir araya gelir ve yeni bir yapıyı inşa etmek üzere birleşirler. Örneğin su molekülü, moleküler oksijen (O₂) ve hidrojen (H₂) oluşan bir bileşiktir. Benzer şekilde karbonhidratların en küçük birimi olan glikoz (C₆H₁₂O₆) karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenin (O) moleküler bileşimidir. Yine nükleik asit, şeker ve fosfatın karmaşık bağlarıyla DNA, RNA meydana gelir ve böylece binlerce örnek türetilir. Hücreler homeostazı stabil tutabilmek için pek çok organlar ve sistemlerle birlikte uyumlu çalışırlar. Herhangi bir iç veya dış uyaran aracılığıyla hücre homeostazı değişmeye başlarsa hücrede tepki vermeye başlar. Bu tepkiler hücre-içi ve hücre-dışı mikro çevrenin molekül/iyon konsantrasyonları, yapısı ve yerlerinin değişimi şeklinde olur. Bu değişimler de ilgili biyolojik yapıların morfolojik özelliklerinin, kimyasal bileşiminin, fiziko-kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olur. Karşılaştırmalı element profilleri sağlıklı ve kusurlu biyolojik materyallerin seçiminde ayırt edici bir araç olarak kullanılabilir.

Bitkilerin optimal gelişimi için gerekli olan 17 mutlak gerekli bitki besin elementi arasında yer alan mikrobesein elementleri bor (B), klor (Cl), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), molibden (Mo) ve nikel (Ni) olup bitki kuru ağırlığı içinde < 100 mg kg⁻¹ kadar bulunur ve tüketimleri azdır. Oysaki azot (N),

kükürt (S), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), potasyum (K), fosfor (P) ise makrobesin elementleridir ve bitki kuru ağırlığı içinde $> 1000 \text{ mg kg}^{-1}$ kadar bulunur ve tüketimleri fazladır (Marschner, 2012; Pilon-Smits ve ark., 2009). Karbon (C), oksijen (O) ve hidrojen (H) mineral olmayan (organik) makro besin elementleridir, bitkiler tarafından havadan ve sudan temin edilirler. Bitki kuru ağırlığının yaklaşık %95'i C, H ve O'dur (Pilon-Smits ve ark., 2009). Bunun dışında bazı bitkiler için gerekli olan alüminyum (Al), kobalt (Co), sodyum (Na), selenyum (Se) ve silisyum (Si) yararlı/fonksiyonel besin elementleri olarak isimlendirilir ve biyotik (patojenler) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, besin elementi toksisitesi ve yetersizliği vb.) faktörlere karşı bitki dayanıklılığını artırmaktadır (Pilon-Smits ve ark., 2009). Bitkilerin yaşamlarında hayati öneme sahip olan mineral besin elementleri aslında patojen organizmalar için de önemlidir (Dordas, 2009). Mikrobesin elementleri (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) bitkinin normal gelişiminde, enzim kofaktörleri olarak, redoks tepkimelerinde, elektron transfer sisteminde ve diğer önemli metabolik olaylarda gereklidir ve diğer ağır metal elementleri ise [kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), civa (Hg), arsenik (As), kobalt (Co)] bitkiler için yüksek derecede toksiktir (Sebastiani ve ark., 2004; Rai ve ark., 2005; Rodríguez-Jiménez ve ark., 2016).

İyon kelimesi ilk olarak Lahner ve ark., (2003) tarafından bir organizmada bulunan bütün metalleri, ametalleri ve metalleri içerecek şekilde tanımlanmış ve bitkinin element profilinin fonksiyonel genomik bir araç olabileceğini göstermiştir. Daha sonra iyonom'un kapsamı N, P, S, Se, Cl, I gibi biyolojik olarak önemli ametalleri de içerecek şekilde genişletilmiştir (Outten ve O'Halloran, 2001; Williams, 2001; Szpunar, 2004). İyon kompozisyonundaki değişimler iyonların kendi aralarındaki interaksiyonlara da yansiyarak diğer iyonların alımı, taşınımı, depolanması ve bunlarla ilgili fizyolojik olayları da etkilemekte olup sonuçta birçok dokuların iyon içeriğinde kitlesel değişime neden olmaktadır (D'Oria ve ark., 2021). Fonksiyonel iyonomik, fizyolojik olaylar ve/veya sinyal ileti ağında yabancı bir sinyalin özel bir belirleyicisi olarak da kullanılabilir (D'Oria ve ark., 2021). Bitkinin iyonom kompozisyonu iç/dış çevre, tür ve dokuya özel olarak değişkenlik gösterir (Courbet ve ark., 2021). Organizmanın nitel ve nicel element biyografisi fizyolojisini yansıtır ve bu aynı zamanda metabolit düzeyi ile ilgili bilgiyi de vermektedir. Böylece besin elementlerine dayalı çeşitli genetik uygulamaların da yardımıyla bitki-hastalık ilişkilerinin fonksiyonel bağlantıları araştırılabilir. Gübreleme stratejisinden ziyade besin dengesinin bitki-stres faktörleri (biyotik/abiyotik) interaksiyonlarında oynadığı rolü anlamamıza yardım eder. Günümüzde organizmaların yüksek verimle element profilleri çıkarılarak mineral besin, mutlak gerekli besin elementi kompozisyonları, konsantrasyonları ve dağılımlarının moleküler düzeyde temelleri araştırılmaktadır. Elde edilen bulgularla çeşitli iç/dış çevresel biyotik ve abiyotik faktörlerin etkisi altında genom-bağlantılı yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir. Besin elementleri dengeli olan bitkiler hastalıklara daha dayanıklıdır ve besin konsantrasyonları optimumdan uzaklaşan bitkilerde ise duyarlılık artmaktadır (Spann ve Schumann, 2010). Her ne kadar hastalık dayanıklılığı, genlerin kontrolünde olsa da büyük ölçüde çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Spann ve Schumann, 2010). Elementler arasındaki interaksiyonlara dayalı bitki iyonom çalışmaları toprak tipi ve gübreleme ilişkileri (Watanabe ve ark., 2015; Velez ve ark., 2017), çevresel değişkenlere bitki tepkisi (Miyamoto-Maeta ve ark., 2021), su kontrolü (Acosta-Gamboa ve ark., 2017), hastalığın konukçu gelişimine etkisi (De La Fuente ve ark., 2013) gibi çeşitli faktörlere dayalı araştırılmakta ve kapsama alanı da giderek genişlemektedir.

Bitkiler sesil organizmalar olduğu için, içinde zorunlu olarak buldukları çok değişken çevreye adaptasyonu, stresle mücadelesi ve beslenmeleri buldukları mikro çevrenin farklı edafik ve biyolojik faktörlerine bağlıdır (Dimkpa ve Bindraban, 2015). Böylece bitkilerin iyonoms profilleri buldukları doğal çevreye adaptasyonlarıyla (Baxter ve ark., 2010; Baxter ve Dilkes, 2012), hastalık durumlarıyla (Kieu ve ark., 2012; Elmer ve Datnoff, 2014), hastalık dayanıklılık özellikleriyle (D'Attoma ve ark., 2019; Brouwer ve ark., 2021) ilgili bilgiler verir. Ülkemizde iyonoms henüz ele alınmamış ve çok yeni bir konudur. Yeni bir araştırma alanı olan iyonmun tanıtımı, iyonoms yaklaşımların potansiyeli ve uygulama alanları özellikle patogenesisisteki kullanımlarını ortaya çıkarmak amacıyla bu derleme ele alınmıştır.

İyonların Bitki Gelişimindeki Rolü

Bitkilerin besin yetersizliğine adapte olmaları bitki türlerine göre değiştiği için iyonoms tepkileri de değişkenlik göstermekte olup (Watanabe ve ark., 2022), elementlerin bitkilerdeki fonksiyonları, dağılımları, noksanlık/fazlalık durumunda gelişen semptomları için standart genellemeler yapmak zordur. Ancak bütün fizyolojik olaylar biyokimyasal reaksiyonlara bağlı geliştiği için her bir besin elementinin görev yaptığı temel metabolizmalara ve temel metabolitlere dayanarak asgari düzeyde genel çıkarımlar yapılabilir. Bitkilerde bazı makro ve mikro besin elementlerinin fonksiyonları ve yetersizlik semptomları Çizelge 1'de özetlenmiştir. Çizelgedeki açıklamalar bir tek besin elementi ele alınarak yapılmış olup, elementlerin eksiklik ve fazlalıklarında fizyolojik etkileri, kendi aralarındaki interaksiyonların etkileri, toprak özellikleri, bitkinin çeşidi, yapısı, uygulanan gübreleme rejimi gibi özellikler hariç tutulmuştur. Besin yetersizliğine atfedilen semptomların burada ele alınmayan farklı koşullarda da gelişebileceği ihtimali daima göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 1. Bazı besin elementlerinin bitki gelişimindeki işlevleri (Brown ve ark., 1993; Kaiser ve ark., 2005; Yruela, 2005; Camacho-Cristóbal ve ark., 2008; Maathuis, 2009; Millaleo ve ark., 2010; Hawkesford ve ark., 2012; Kronzucker ve ark., 2013; Quan ve ark., 2017; Kobayashi ve ark., 2019; Misra ve ark., 2019)

<i>Mikro- elementler</i>	Bitkilerdeki fonksiyonu	Yetersizliğinde gelişen semptomlar
Bor (B)	-Hücre duvarında yer alır ve hayati öneme sahiptir -Organik maddelerin biyokimyasal dönüşümlerini düzenler -Fosforun nükleik asitlerin yapısında yer almasını sağlar -Hormonal dengeyi sağlar -Çiçeklenmeyi ve meyve üretimini teşvik eder	-Bitki gelişimini engeller, meyveler zayıf ve çatlak olur, yapraklarda sararma ve dökülme görülür -Meyve ağaçları ve yumrulu bitkilerde (pancar, patates vb.) aşırı duyarlılık gelişir
Demir (Fe)	-Elektron transfer sisteminde görev alan oksido-redüktör enzimlerin yapısında yer alır -Klorofil sentezi için gereklidir, fotosentez ve solunumda görev yapar	-Özellikle genç yaprakları etkileyerek kloroza neden olur -Bitkinin çeşitli yeşil organları beyaza döner

Çizelge 1. (Devamı)

Çinko (Zn)	-Enzimlerin hızını etkiler -Karbonhidrat ve protein metabolizmasında görev alır -Gen transkripsiyonunda görev alır -Hücreyi reaktif oksijen türleri (ROS) zararından korur	-Bitkilerde gelişme ve meyve büyümesinden sorumlu hormon olan oksinlerin sentezini engeller -Yapraklarda benekli kloroz gelişir, ürünlerde gelişme yavaşlar
Mangan (Mn)	-Belirli proteinler ve substratlar arasında şelat bağları oluşturur -Solunum sisteminde yer alan enzimlerin reaksiyon hızını artırır -Fotosentezde görev alır	-Yapraklarda, kloroz, kahverengileşme ve dökülmeye neden olur
Molibden (Mo)	-Biyolojik azot fiksasyonuna ve ayrıca amonifikasyona katkıda bulunan oksidasyon-redüksiyon olaylarda görev yapar	-Baklagillerde gözle görülecek kadar klorofil miktarında azalma, gövdenin üst kısmında kuruma, ve yaprak kenarlarında kıvrılmalara neden olur
Nikel (Ni)	-Üreaz enziminin aktifleyicisi	-Üre birikir ve toksik etki yapar
Klor (Cl)	-Fotosentetik oksijen üretimi, hastalık dayanıklılığı, ozmoz düzenlenmesi, stomaların açılması-kapanmasında işlev yapar	Yapraklarda bronzlaşma, kök ve yaprak gelişiminde gerileme görülür
Sodyum (Na)	-Bazı C4 bitkilerinde sodyuma bağlı mekanizmalarda işlevseldir	

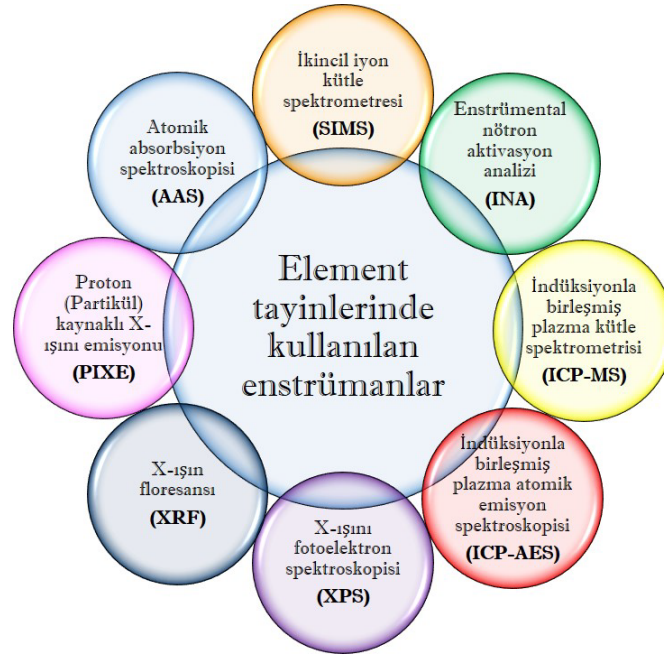
	Bitkilerdeki fonksiyonu	Yetersizliğinde gelişen belirtiler
Makro-elementler		
Azot (N)	-Proteinlerin, nükleik asitlerin, klorofil molekülünün, koenzimlerin ve sekonder metabolitlerin yapısında yer alır	-Enerji kaynaklarını ve taşıyıcı sistemi değiştirmek suretiyle birçok metabolik aktivitenin mekanizmasını ve enerji temin yollarını bozar, mutlak gerekli elementlerin alımı ve taşınmasındaki dengeyi bozar -Yaşlı yapraklarda kloroz gelişimi, bodur büyüme, küçük yaprak gelişimi, köklerde azalma ve erken çiçeklenme görülür
Kükürt (S)	-S içeren amino asitler, enzimler, koenzimler, sülfolipidler ve fitoşelatlar ile glikosinolatlar gibi sekonder metabolitlerin yapısında bulunur	-Genç yapraklarda kloroz gelişimi, bodur büyüme, antosiyanozis gelişir
Fosfor (P)	-Hücre içi enerji dengesini korur (enerji kaynağı olarak ATP formunda), nükleik asitlerin yapısında bulunur, heksoz-fosfat metabolizmasında, trikarboksilik asit (TCA) döngüsündeki ara ürünlerin yapısında ve yaprak hücrelerinde karbonhidratların taşınmasında rol oynar	-Antosiyanozis, koyu yeşil ve/veya mor yapraklanma görülür
Kalsiyum (Ca)	-Hücre duvarına fiziki güç kazandırır, membran stabilizasyonunu korur, osmoregülasyonu sağlar, çevresel bir uyarıcının iletilmesinde ikincil mesajcı olarak çalışır	-Kök dokularda dağılmalar meydana gelir -Yaprak uç ve kenar kısımlarında nekrotik lezyonlar gelişir -Meyve ve sebze üzerinde nekrotik benekler görülür -Yapraklar deforme olur
Potasyum (K)	-Temel görevi osmoregülasyonu düzenler ve özellikle hücrenin genişlemesi, stomaların açılma-kapanması için önemli bir fizyolojik olaydır ve sukroz transferini etkiler	-Yaşlı yaprakların ucunda marjinal nekrozların içinde kloroz gelişir -Kahverengileşme görülür -Turgor ve stoma kontrolünün kaybı nedeniyle gevşek yapılı görüntü oluşur
Magnezyum (Mg)	-Klorofillerin temel elementidir -Enerji gerektiren transport sistemlerde Mg-ATP bileşiminin oluşumu için gereklidir	-Yaşlı yaprakların damarlararası kloroz gelişimi, zamanla nekroza dönüşür -Kloroplastlarda şeker ve nişasta birikir

Bitkilerde her bir mikroelement hem kendi aralarında hemde makrobesin elementlerinin hareketi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olup, yetersiz mikro besin element simptomları aslında bir tek mikroelement yetersizliğinden ziyade besin elementlerindeki orantısızlıktan kaynaklanmaktadır (Assunção ve ark., 2022). İyonomiks araştırmalar, organizmada mineral besin iç dengesini kontrol eden mekanizmalarla ilgili ağ sistemlerinin ortaya çıkarılmasında önemli role sahiptir.

İyonomiks Analizlerde Kullanılan Teknolojiler

Mekânsal ölçekte element haritalama da kullanılan karmaşık analitik teknikler günümüzde mevcut olup halen iyonomiks çalışmalar için de kullanılmaktadır. Makro/mikro besin elementleriyle metal elementlerin hücredeki konsantrasyonları ve dağılımlarının haritada gösterimi biyoloji için önemli yararlar sağlayacak olup denemenin amacına göre kullanılacak tekniğin seçiminde dikkatli olunmalıdır (Mann ve ark., 2018). Konuyla ilgili tekniklerde özel koşullarda iyonize edilen elementlerin ya emisyon, absorpsiyon ve floresan özellikleri veya radyoaktivite ve atom numarası gibi nükleer özellikleri kullanılmaktadır (Satismruti ve ark., 2013), (Şekil 1). Aşağıda canlılarda element tayinlerinde kullanılan metotların sınıflandırılması Mann ve ark., (2018) 'a göre yapılmıştır;

- 1) Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS; Atomic Absorption Spectroscopy)
 - 1a) Alevli atomik absorpsiyon spektrometrisi (FAAS; Flame Atomic Absorption Spectrometry)
 - 1b) Grafit fırın atomik absorpsiyon spektrometrisi (GFAAS; Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry)
- 2) Proton (veya Partikül) kaynaklı X-ışını emisyonu (PIXE; Proton-Induced X-Ray Emission)
- 3) X-ışın floresansı (XRF; X-Ray Fluorescence)
- 4) X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS; X-Ray Photoelectron Spectroscopy)
- 5) İndüksiyonla birleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi (ICP-AES; Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy)
- 6) İndüksiyonla birleşmiş plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS; Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
- 6a) Lazer-Ablasyon İndüksiyonla birleşmiş plazma kütle spektrometrisi (LA-ICP-MS; Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
- 7) Instrumental nötron aktivasyon analizi (INA; Instrumental Neutron Activation Analysis)
- 8) İkincil iyon kütle spektrometresi (; Secondary Ion Mass Spectrometry)'dir.



Şekil 1. Canlı organizmalardan element tayininde kullanılan cihazlar

Biyolojide bitki iyon profillerinin tanısında genel olarak kullanımda olan analitik teknolojiler AAS, ICP-AES, ICP-MS, X-ışın absorpsiyon spektroskopisi (XRF) ve iyon ışın analiz (IBA: Ion Beam Analysis) yöntemleri sayılabilir (Singh ve ark., 2021). Bu teknolojilerden bazıları ülkemizde bulunmakta olup çeşitli bitkilerden çeşitli amaçlarla element tayinlerinde ICP-AES (Arslan ve Özcan, 2011), FAAS (Karapınar ve Kılıçel, 2020) gibi cihazlar kullanılmıştır. Böylece bireysel örneklerden iyonometrisiyle birçok element miktarı olarak ölçülmekte ve bir organizmanın metabolizmasının, genetiğinin, gelişmesinin ve çevresinin hedeflenen organ/doku/hücrelerdeki element kompozisyonunu nasıl etkilediği belirlenmektedir (Pita-Barbosa, 2019). İyonometrisiyle bir örnek içindeki ilgili moleküllere ait bütün elementler tayin edilirken, proteomik, genomik gibi çalışmalarda bütünü sınırlı bir kısmı hakkında bilgi edinilmektedir (Baxter, 2010). Element profilleri çıkarıldıktan sonra diğer omikler proteomik, metabolomik gibi birinin tamamlayıcısı olacak şekilde çalışmaların ortak kombinasyonu ile yeni rota çizilmesi zaman kazandırır. İyonometrisi çalışmalarında kullanılan aletlerin başlangıç yatırım maliyeti yüksek olsa da;

i)genomik, proteomik, metabolomik gibi çalışmalara nazaran bir tek örnek çalışma maliyetinin daha düşük olması,

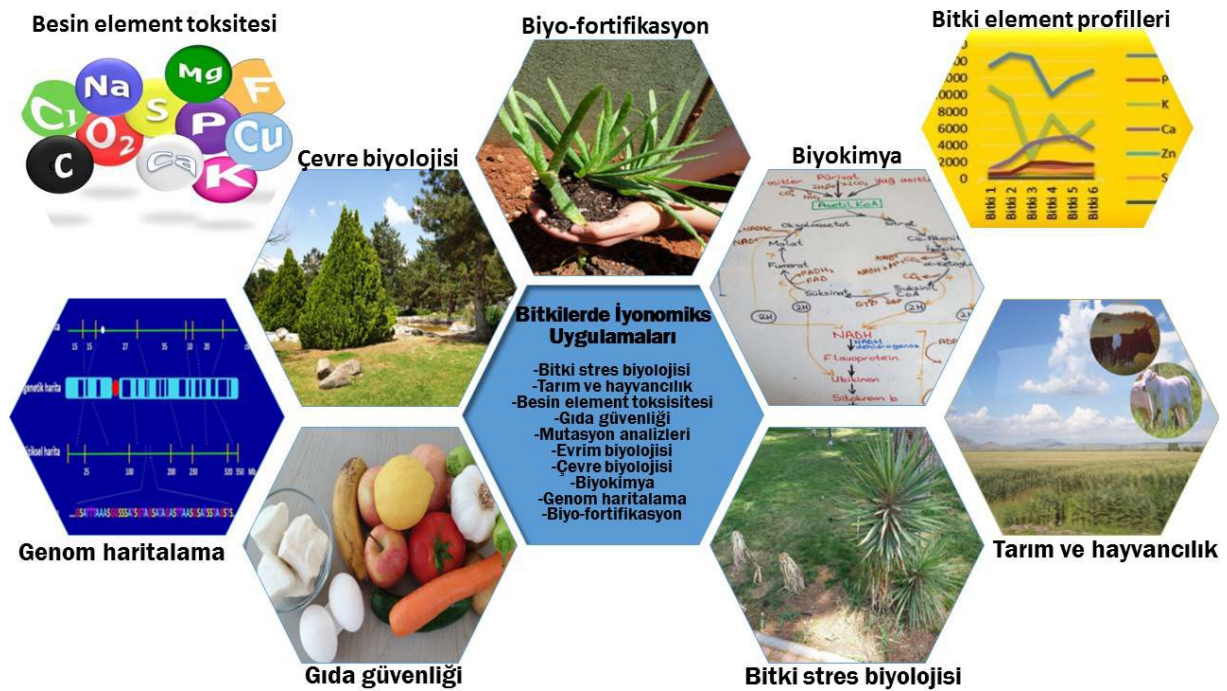
ii)yüksek verimle hızlı sonuç alınması,

iii)hücresinin/dokunun fizyolojisindeki değişimleri elementlere dayalı olarak yüksek bir duyarlılıkla ölçerek numuneler arasında kıyaslamaya olanak sağlamasından dolayı iyonometrisi ilgi çeken bir alan olmaya başlamıştır.

İyonomsikle İlgili Araştırmalar ve Uygulama Alanları

Mineral besin elementleri sadece bitkilerin değil istilacı patojenlerin de yaşamları için önemlidir. Bunlar yapısal maddeler olarak hücreye fiziki güç kazandırarak, gelişim, üreme gibi yaşam döngülerinin devamı için elzem olan ve hastalık savunma tepkimelerinde çeşitli metabolik faaliyetleri düzenleyerek örneğin; glikosinolat, lignin, kalloz, fitoaleksin, fenol gibi metabolitler/sekonder metabolitlerin sentezindeki enzimleri aktif hale getirerek, hastalık dayanıklılığını artırmada kullanılmaktadırlar.

Tarımda çeşitli çevre koşullarında besin elementlerinin/iyonların tanısı yapılarak çalışılan iyonom araştırmaları çok geniş bir uygulama sahasına sahiptir. Genel olarak iyonom konusu; tarım ve hayvancılık, bitki stres biyolojisi, besin element toksisitesi, gıda güvenliği, mutasyon analizleri, evrim biyolojisi, çevre biyolojisi, biyokimya, besin elementlerinin genomik ölçekte haritalanması, biyo-fortifikasyon gibi çalışmalara uygulanabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Tarımsal araştırmalarda iyonumun genel kullanım alanları

Xylella fastidiosa ile enfekte edilen tütünde konukçu bitki dikkate alınmaksızın etmen bakteri doğrudan ya da dolaylı olarak bitkinin iyonom içeriğini değiştiren bir strateji kullanmaktadır (De La Fuente ve ark., 2013). Nitekim geçmişte bitkinin beslenme koşulları ayarlanmak suretiyle hastalık kontrolü başarıyla uygulanmıştır (Datnoff ve ark., 2007; Huber ve Haneklaus, 2007). Bakteriyle enfekte olmuş tütünde iyonumun etkisi, mutlak gerekli mikrobesein elementlerinden ziyade makrobesein elementlerindeki değişimde gözlenmiş ve Ca

konsantrasyonu diğerlerine göre dikkate değer bir artış göstermiştir. Bitkilerde çok geniş bir işlev aralığına sahip olan kalsiyumun henüz simptom gelişiminden hemen önce bitkinin üst yapraklarında miktarı yükselmiştir. Kalsiyum yapraklara ulaşıncaya bir dengeye gelir ve artık yer değiştirmez. *Arabidopsis thaliana*'da biyotik/abiyotik strese tepki olarak bütün bitki düzeyinde Ca miktarı yükselmektedir (Kudla ve ark., 2010).

Mildiyönün (*Plasmopara viticola*) asmada (*Vitis vinifera*) uyumlu ve uyumsuz interaksiyon tanı çalışmaları bugüne kadar transkriptomiks, proteomiks ve metabolomiks araştırmalarla ortaya konmuş ve daha sonraki çalışmalarda ise hastalığa duyarlı/dayanıklı kültürlerin enfekte olan yapraklarının iyonome profilleri de çıkarılmıştır (Cesco ve ark., 2020). Mildiyö ile enfekte olan ve enfekte olmayan duyarlı ve dayanıklı asmada makro ve mikro mutlak gerekli elementlerin yapraktaki dağılımları ve/veya kompozisyonlarının değiştiği rapor edilmiştir. Buna göre enfekte olan duyarlı asma varyetelerinin yapraklarında mikro elementlerin (Mn, Fe, Zn gibi) konsantrasyonları artmış, ancak makro elementlerin (P, S, K ve Ca gibi) dağılımları değişmiş fakat konsantrasyonları enfeksiyondan etkilenmemiştir. Enfekte olan dayanıklı asma varyetelerinde de mikro elementlerin (Mn, Fe gibi) konsantrasyonları artmış ama yapraktaki lokasyonları değişmemiştir. Sonuç olarak asmanın yaprak iyonome profilleri ile hastalık dayanıklılığı ilişkilendirilmiş ve Mn/Fe elementlerine bitkinin patojenle ilgili savunma mekanizmalarında ihtiyaç duyulmakta olup bu iki element sekonder metabolit sentezinde (Burnell, 1988; Elmer ve Datnoff, 2014), uyumsuz konukçu-patojen interaksiyonlarda görülen hipersensitif reaksiyon (HR) sonucu açığa çıkan ROS üretiminde (Pierre ve Fontecave, 1999; Torres, 2010; Aznar ve ark., 2015) kullanılmaktadır.

Çeşitli bitkilerde iyonome-bağlantılı allellerin tanısı yapılmış ve fonksiyonları çalışılmıştır. Molibden bitkiler için mutlak gerekli bir elementtir ve nitrat (NO₃) asimilasyonu, sülfür (SO₃) detoksifikasyonu, pürin katabolizması ve absisik asit sentezinde görev alan enzimler için gereklidir (Mendel, 2011). Bitkiler için Mo'nin biyoyararlanımı toprak pH'sına bağlı olup Mo noksanlığı genelde asidik topraklarda görülür. Mo'nin fazlasında eksikliğinde *A. thaliana*'da Mo transport *MOT1* genine bağlıdır (Poormohammad ve ark., 2012). *A. thaliana*'nın yabancı koleksiyonları içindeki çeşitli *MOT1* allelik varyasyonlar ile çevre parametreleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. *MOT1* kusurlu allele sahip populasyonlar, suyla kolaylıkla ekstrakte olabilen Mo içerikli topraklarda yetişmektedir. Böylece kusurlu allel aşırı Mo bulunan çevrede Mo birikimine karşı koruyucu görev yapmaktadır. Laboratuvar ortamında bu koşullar altında bitkinin sağlığında önemli düşüşler görülmüştür. Yani bitki doğal koşullarda Mo yetersizliği ile Mo toksisitesi arasında bir denge kurmakta ve bunu *MOT1* geninin fonksiyonlarında değişimler yaparak sağlamaktadır. Benzer şekilde *MOT1* lokusuna yakın bölgede bulunan *COPT6* (Copper Transporter 6) lokusunda yapraklarda Mo birikimini etkilemektedir (Forsberg ve ark., 2015). Cu elementinin sınırlı olduğu çevrede bakırın tekrar dağılımında *COPT6* geni rol oynamaktadır (Garcia-Molina ve ark., 2013). Cu yetersizliğinde *MOT1* geni maksimum düzeyde çalışmaktadır (Billard ve ark., 2014). Yani *MOT1* ve *COPT6* çevre adaptasyonlarında birlikte koordineli çalışmaktadır.

Birçok bitkide ölüme kadar giden hasarlara neden olan *Xylella fastidiosa* subsp *pauca* bakterisi İtalya'da karantina kapsamında olup zeytinlerde OQDS (Olive Quick Decline Syndrom) hastalığına neden olmaktadır (Del Coco ve ark., 2020). İtalya'da yapılan ICP-AES yaprak analizlerinde; patojenle enfekte olan ve olmayan zeytinliklerin iyonome kıyaslanmış, aynı zamanda Zn-Cu-sitrik asit biyokompleks karışım uygulaması yapılan

ağaçlar ve farklı bölgedeki enfekte olmayan ağaçların da iyonom kıyaslaması yapılmıştır. Her iki kıyaslama sonuçlarına göre Zn'nun bakteriye dayanıklılıkta bir biyomarkır olarak belirleyici iyon olduğu rapor edilmiştir. Enfeksiyon görülmeyen bölgelerdeki zeytinliklerin yaprak ve toprak analizlerinde yüksek oranda Cu ve Zn tespit edilmiş ve enfeksiyon bölgesinin yaprak iyonomu Zn-Cu-sitrik asit karışım uygulaması yapılan ağaçların uygulama yapılmayanlara göre daha yüksek Zn içerdiği ortaya konmuştur (Del Coco ve ark., 2020). Diğer taraftan, hastalık etmeniyle enfekte olmayan ağaçlar arasında da bakteriye dayanıklı varyetelerin duyarlı varyetelere göre daha yüksek oranda Mn içerdiği bildirilen çalışmada; konuyu çalışan ekip, iyonların patojen virülanslığı ve bitki savunma sistemlerinde yer aldığını belirtmişlerdir. Özetlersek iyon analizleriyle hastalığın yayılması ve şiddetiyle ilgili hem epidemiyolojik çalışmalara veriler elde edilmekte hem de hastalık kontrolünde potansiyel bir fragman sunulmaktadır.

Marulun önemli düzeyde mineral biriktirme kapasitesi sayesinde, *Xanthomonas campestris* pv. *vitiensis* (*Xcv*) ile enfekte olan marul'un besin alımı hastalık dayanıklılığını etkilemektedir (Nicolas ve ark., 2019). Marul iyonunun ilgili hastalığa dayanıklılığı etkileyen faktör olduğunu bildiren araştırmacılar, duyarlı marul varyetelerine kıyasla dayanıklı kültürlerin patojen zararını sınırladığını, hastalık savunmasında rol oynayan elementlerin özel olarak sahip oldukları görevlere göre bitkilerin bu elementlerin konsantrasyonlarını ya yükselttiğini ya da düşürdüğünü rapor etmişlerdir. İlgili çalışmada, enfekte olan marulda N ve S'nin konsantrasyonu P'ye göre artış gösterirken, N, S ve P'nin konsantrasyonları da Na, Mg, K ve Ca'a göre artış gösterdiği rapor edilmiştir. Bitki-hastalık ilişkilerinde bazı mutlak gerekli besin elementleri diğer elementlerden daha fazla etkiye sahiptir (Nicolas ve ark., 2019). Azot noksanlığında bitkiler bakteriyel enfeksiyonlara daha duyarlı olurken, K ve Ca elementleri enfeksiyona karşı bir bariyer oluşturmada etkili olmuştur (Bhaduri ve ark., 2014). Azotun hastalık şiddeti üzerindeki etkisi patojene bağlı olmakla beraber *Pseudomonas syringae* gibi obligat patojenlerin hastalık şiddeti düşük N konsantrasyonunda azalmaktadır (Hoffland ve ark., 2000), oysaki *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* gibi fakültatif organizmalarda (Chase, 1989) ve bazı *Xanthomonas* ırklarında ise zıt etki göstermektedir (Dordas, 2009).

Tarımda önemli bir hastalık olan mildiyö ile enfekte olan patatesteki yapılan bir çalışmada, uyumlu ve uyumsuz konukçu-patojen ilişkilerine dayalı iyonom profillerindeki değişimler araştırılmış ve bulgular aşağıda özetlenmiştir (Brouwer ve ark., 2021). Sonuçlar göstermiştir ki, makro ve mikro besin elementlerinin ya dağılımları veya konsantrasyonları ya da her iki parametrede gözlenen değişimler patojenle enfekte olan ve enfekte olmayan dayanıklı ve duyarlı patates varyetelerinde ki konukçu-patojen interaksyonuna bağlıdır. Lezyonlu dokularda lezyonsuz alanlara göre nispeten hareketli bir makro besin olan K konsantrasyonunda azalma, Fe ve Mn'de ise artış gözlenmiştir. Dayanıklı ve duyarlı patates varyetelerinin inokulasyon bölgelerinde Ca, Mg, Mn ve Si'nun birikimi kıyaslanmış ve dayanıklı varyetelerin element dağılımlarında farklılıklar gözlenmiştir. Mg'un toplam miktarı enfekte olan-dayanıklı ve -duyarlı patates varyetelerinde önemli bir değişim göstermemiş ancak nekrotik dokuda artması klorotik dokuda ise azalmasının Mg dağılımının lokal değişimiyle ilgili olduğu bildirilmiştir. Yine duyarlı patates kültürlerine kıyasla dayanıklı varyetelerin enfeksiyon sonrası yaprakçıklarında HR-lezyonlarının etrafında oluşan Mn halelerinden dolayı Mn yüzdesinde artış gözlenmiştir. Patojenle enfekte olan duyarlı patatesin (uyumlu konukçu-patojen interaksyonu) idiyoblast (bitkilerde

özelleşmiş bazı hücrelerin vakuollerinde gözlenen kristal yapıları kümelerdir) alanların dışında Ca artışı gözlenmiştir. Kalsiyum oksalat yönünden zengin idiyoblastlar serbest Ca²⁺'un düzenlenme mekanizmasına destek olmakta ve PR (Patogeneze İlgili: Patogenesis Related) proteinlerinin idiyoblastlarda birikimi de bitki savunma mekanizmalarıyla bağlantılı olabileceğinin göstergesidir (Hoegen ve ark., 2002). Dayanıklı varyetede Si birikimi inokulasyon noktalarında küçük lekeler şeklinde kendini göstermişse de diğer dayanıklı varyetede görülmemiştir. Dolayısıyla Si biyotik/abiyotik faktörlere karşı bitki sağlığını koruyucu etkiye sahiptir (Wang ve ark., 2017; Rasoolizadeh ve ark., 2018), bitki sağlığına olan bu pozitif etkinin denemede kullanılan R-genlerinden başka çeşitli diğer R-genlerini ilgilendirebileceği rapor edilmiştir.

Bazı bitkilerde metal iyonlarının aşırı birikimi *Pseudomonas syringae*'ya dayanıklılığın etkisini artırmaktadır (Fones ve ark., 2010). Mineral konsantrasyonları patojen virülanslığına ve hastalık sonucuna doğrudan etki etmektedirler. Düşük N konsantrasyonları domateste *P. syringae*'nin hastalık şiddetini azaltırken (Hoffland ve ark., 2000), *Xanthomonas vesicatoria*'nın hastalık şiddetini artırmıştır (Dordas, 2009). İyonoms haritanın çıkarılmasıyla bitkinin besin durumu hastalık dayanıklılık/duyarlılıklarını belirlemede kullanılabilir olduğu açıklanmıştır (Walters ve ark., 2007).

İyonom-Genom Bağlantısı

Bitki genomu ve element profilleri arasındaki bağlantıyı ilk kez çalışan Lahner ve ark. (2003), *Arabidopsis*'te iyonomu kontrol eden bazı genlerin tanısını yapmışlar ve bu sonuçları elde ettiği yüksek verimli iyon profilleriyle kombine etmişlerdir. Çoğu araştırma çalışmalarında yaratılan mutant varyetelerle kontrol bitkileri kıyaslanarak gen-besin elementi bağlantılı sonuçlar elde edilmektedir. Bitki hastalık dayanıklılığını ve duyarlılığını ilgilendiren elementlerin bitki patosistemlerdeki rollerini doğrudan ilgilendiren çalışmaların yanısıra abiyotik faktörlere dayalı çalışmalarda bulunmaktadır (Kieu ve ark., 2012; Cobine ve ark., 2013; De La Fuente ve ark., 2013; D'Attoma ve ark., 2019; Cesco ve ark., 2020).

Bitki iyonomunu düzenleyen genleri ilgilendiren genetik mekanizmalar genellikle element birikiminde anahtar role sahip olan genler (Kamiya ve ark., 2015; Hindt ve ark., 2017) ile çeşitli genotiplerin iyonom farklarını alleller ile orataya koyan çalışmalardan elde edilmektedir (Campos ve ark., 2021). Bunun için çeşitli çevresel koşullara adapte olan farklı ekotiplerin fizyolojik ve genetik mekanizmaları karşılaştırılmakta ve yapay mutasyonlarla doğal varyantların element konsantrasyonları ve yerleri kıyaslanmaktadır. Bunlara ilave olarak bitki-hastalık interaksiyonlarında enfekte olan ve olmayan bitkilerdeki element düzeyleri ölçülerek elementlerin enfeksiyon öncesi ve sonrası dağılımları da ortaya çıkarılmaktadır. Bitkiler çeşitli streslere, genler tarafından düzenlenen moleküler ve hücresel mekanizmaların kontrolüyle tepki vermektedirler (Thapa ve ark., 2012; Li ve ark., 2018; Guan ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2019). Bitkilerde çok çeşitli rollere sahip olan ve hayati önem taşıyan besin elementlerinin alımı, taşınması, fonksiyonları ve depolanması sıkı bir kontrol altında olup çoğunun yüksek konsantrasyonları toksik etkilidir ve bu düzenlemelerden de genler sorumludur (Navarrete ve De La Fuente, 2015). Farklı ülkelere ve coğrafik lokasyonlara ait 529 adet çeltik varyetesinde yapılan sekans analizleri

17 çeşit mineral besin elementinde görülen varyasyonun 72 adet gen lokusunun elementlerle bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur (Yang ve ark., 2018). Bitki iyonoms uygulamaları için Notingham Üniversitesi tarafından geliştirilen sistemde (The Purdue Ionomics Information Management System (PIIMS) (<http://www.ionomicshub.org>)) iyonoms genlerinin listesi oluşturulmuştur (Whitt ve ark., 2020).

Çeltikte yüksek verimle tanısı yapılan toplam 191 adet tek nükleotit polimorfik (SNP: Single Nucleotide Polymorphism) bölgenin düşük metal toksisite genleriyle ilgili olduğu rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2020). *Arabidopsis thaliana*'da P birikimi (Bentsink ve ark., 2003), Cs birikimi (Payne ve ark., 2004), N alımı (Rauh ve ark., 2002) ve Al toleraslık (Hoekenga ve ark., 2006) özellikleriyle ilgili genlerin QTL (Quantitative Trait Loci) haritası çıkarılmıştır.

Bitkilerde besin maddelerinin/minerallerin hücre-içine alımı özel taşıyıcılarla gerçekleştirilmektedir (Sasaki ve ark., 2016). Birçok metabolik proseslerde kullanılan Fe, Co, Zn, Cu, Ni ve Mn gibi metal iyonlarının aşırı birikimi bitki sağlığına zarar verdiği için biriken bu metaller bitkinin çeşitli bölgelerine özel taşıyıcılarla nakledilmektedirler (Hall ve Williams, 2003). Bu işlevden sorumlu önemli taşıyıcı proteinlerden birisi de HMA (Heavy Metal ATPases)'lar olup görevleri ATP'yi kullanarak hücre membranından bazı mutlak gerekli metalleri pompalamaktır (Kobayashi ve ark., 2013). *A. thaliana*'da 8 adet HMA geni mevcut olup, bunlardan *AtHMA1* gen ürünü olan protein kloroplastlarda bulunur ve Zn'nun toksik etkisini giderir, ancak *AtHMA1* geni zarar gören mutant varyeteler yüksek Zn konsantrasyonuna tolere edememektedir (Takahashi ve ark., 2012a). *AtHMA3* vakuollerde bulunur, Zn ile Cd'um uzaklaştırılmasını sağlar (Gravot ve ark., 2004; Morel ve ark., 2009). *AtHMA2* ve *AtHMA4* ise membranlarda bulunur ve Zn ile Cd'um toksik etkisinin yok edilmesinde hayati önem taşımaktadır (Mills ve ark., 2003; Eren ve Argüello, 2004; Mills ve ark., 2005; Verret ve ark., 2005). Benzer şekilde çeltikte 9 adet HMA bulunmakta olup *Arabidopsis*'teki HMA'lara benzer işlevler yürütmektedir (Suzuki ve ark., 2012; Takahashi ve ark., 2012b; Deng ve ark., 2013). OsHMA4 ise çeltik danelerinde Cu birikimini sınırlamakta ve kök hücre vakuollerinde tutarak izole olmasını sağlamaktadır (Huang ve ark., 2016).

Bitkilerde divalent metal katyonların homeostazından sorumlu NRAMP (natural resistance-associated macrophage protein) genleride kodlanmakta olup görevleri katyonların hücre içine nakledilmesini sağlamaktır, benzer şekilde katyonların kolaylaştırılmış difüzyonla hücre dışına çıkışı CDF (CDF: Cation Diffusion Facilitator) ve ZIP (Zink-regulated Transporter) kanallarıyla sağlanmaktadır (Thomine ve ark., 2000; Maser ve ark., 2001; Montanini ve ark., 2007; Kolaj-Robin ve ark., 2015; Ajeesh Krishna ve ark., 2020). Bu kanallar hücre membranı içine yerleşik olan protein yapılı boru şekilli kanal yapılarıdır ve divalent katyonların giriş-çıkışını kontrol etmektedirler.

A. thaliana'da Fe yetersizliği, salisilik asit markır geni *PRI*'in aktivitesini artırmakta olup *Dickeya dadantii* ile enfeksiyon sonrası hastalık gelişimi ve insidansını azaltmada da *PRI* rol oynamaktadır (Shen ve ark., 2016). Yeterli seviyede Fe takviyesi yapılan *A. thaliana*'da hastalık şiddeti önemli oranda artmaktadır, çünkü *Dickeya dadantii* siderofor bir bakteri olup sistemik hastalığı ilerletmek için Fe bağlamaktadır (Kieu ve ark., 2012). Ancak besin elementlerinin patojen gelişimine sağladığı katkılar indirekt olup bu besinler mikroorganizmaların rollerini belirleyici şekilde kök salgılarını ve rizosferin pH'nı değiştirerek bitki-sağlığı ve dayanıklılığında büyük etkiye sahiptirler (Datnoff ve ark., 2007). Yine iyonomsle konukçu-patojen ilişkilerinin fenotipik özellikleri de

belirlenebilmektedir (Cobine ve ark., 2013; De La Fuente ve ark., 2013). *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* çeltikte Cu'nun elemine edilmesiyle ilgili genin transkripsiyonunu aktifleştirerek bu genin ifade edilmesini artırmakta ve böylece konukçuda Cu birikimini baskılayarak kendi virülensliğine olanak sağlamaktadır (Yuan ve ark., 2010).

Potasyum'da diğer besin elementleri gibi çeşitli bitkilerde stabil olmayan sonuçlar vermiş ve bazen hastalığın ilerlemesine yardım etmiş bazen de bitkiye dayanıklılık sağlamıştır. Örneğin düşük K içeriğinde yetiştirilen çileklerin antraknoz etmeni *Colletotrichum gloeosporioides* fungusuna son derece dayanıklı olduğu rapor edilmiştir çünkü potasyum seviyesi düşük olunca hastalık dayanıklılığına öncülük yapan JA ve ET sinyal yolları aktif hale geçmekte, ROS üretimi artmaktadır (Amtmann ve ark., 2008). Fakat Florida kızılıcığı ise K seviyesi yüksek şartlarda *Discula destructiva* fungusuna dayanıklılık göstermektedir (Holzmueller ve ark., 2007).

Veziküler taşıma sisteminden sorumlu iyonoms fenotip allelde oluşan mutasyon hasarı, bitkilerde plazmodezmlerin yıkımına ve plazma membranında yerleşik iyon taşıyıcı kanal proteinlerinin engellenmesine neden olduğu için protein transferi de zarar görmektedir (Gao ve ark., 2017). İyonoms fenotip allelde oluşan zarar aynı zamanda Na, Mn, Fe, Zn ve Mo'nin de konsantrasyonlarını değiştirmektedir. PHR1 (Phosphate Starvation Response 1) proteini bir MYB-benzeri transkripsiyon faktörüdür ve fosfat, sülfat, çinko ve demirin transferinden ve homeostazından sorumlu genleri kontrol etmekte olup, bu mineral besinlerin metabolizmasıyla bağlantılı genel koordinasyonu sağlamaktadır (Briat ve ark., 2015).

Hastalık şiddetini veya bitki duyarlılığını azaltan Ca^{+2} iyonları patojenle enfeksiyon sonrası gelişen ROS'un zararlı etkilerini azaltmak için SOD, CAT, POD ve PPO gibi antioksidant enzimlerin aktivitesini önemli oranda artırmaktadır (Sun ve ark., 2020). Ca^{+2} eksikliği olan bitkiler göstermiştir ki, amino asitler, şekerler gibi bir çok mutlak gerekli metabolitler sitoplazmadan membranlar yoluyla apoplastik boşluklara sızmakta ve hem hastalığın ilerlemesini hem de patojen gelişimini teşvik etmektedirler (Clarkson ve Marschner, 1996). Zn'nin bitkide aşırı birikimi *Xylella fastidiosa* gibi bakteriyel patojenlere önemli oranda zarar vermektedir, çünkü çinko nişastanın biyosentezinde, proteinlerin yapısında ve oksidatif radikallerin etkisine karşı hücre membranını korumada önemli roller oynamaktadır (Navarrete ve De La Fuente, 2015). Bu arada çinkonun hücre membranının bütünlüğü, hormon metabolizması ve hücre çoğalmasıyla ilgili önemli olaylarda birçok enzimin kofaktörü olduğunu da unutmamak gerekir (Navarrete ve De La Fuente, 2015; Singh ve ark., 2016).

Çeşitli bitkilerin kuraklık, tuz, ısı gibi abiyotik stres toleranslığı iyonoms profilleriyle bağlantılı olup bitkilerin fotosentez ve transpirasyon oranı, stomaların iletkenliği, antioksidant maddelerin biyosentezinin azalması veya artması, çeşitli iyonların absorpsiyon düzeyi çeşitli besin elementlerinden etkilenmektedir (Astolfi ve ark., 2013; Usmani ve ark., 2020; Lopez-Delacalle ve ark., 2020). Ancak yapılan çalışmalar henüz bir elementin özel olarak ve doğrudan bitki hastalıkları ve savunmadaki rollerini ilgilendirecek düzeyde değildir.

Bitki İmmünitesi ve İyonoms

Besin elementleri patojen-bitki savunma mekanizmalarında ya bitkiye ya da patojene veya her ikisine de destek olmaktadır. Biberde *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* enfeksiyonunun başlangıç aşamasında biriken Zn-parmak transkripsiyon faktörü, *CAZFPI* geni ile kodlanmaktadır (Kim ve ark., 2004) ve Zn parmak bağlama

domain alanları ETI immüniteyle (ETI: Effector Triggered Immunity) bağlantılıdır (Gupta ve ark., 2012). Farklı Zn konsantrasyonlarının *CAZFP1* gen aktivasyonu ve gen ürünü transkript miktarına etkisini doğrudan ilgilendiren bir veri bulunmamaktadır. Yine Zn'nın yüksek konsantrasyonları bitkileri doğrudan bir şekilde metal toksisitesi ve Zn-ile teşvik edilen organik savunmayla koruyabilir (Poschenrieder ve ark., 2006; Fones ve ark., 2010; Fones ve Preston, 2012). Metal dayanıklılığı gösteren bitkilerde metallerin aşırı birikimi patojene toksik etki yaratacağı için metal toksisitesi patojen saldırılarını engelleyici bir mekanizma olabilir, ancak patojen de metal toleranslığına sahipse bu savunmayı bertaraf edebilir.

Turunçgillerde yeşillenme hastalığına neden olan bakteriyel patojen, konukçunun besin immünitesini* ele geçirmekte ve P yetersizliğine neden olan küçük RNA'ların düzeyini artırmakta ve böylece besin yetersizliğiyle bağlantılı simptomların gelişimine neden olmaktadır (Zhao ve ark., 2013). Defensinler, tioninler, glukosinolatlar, glutatyonlar, fitoaleksinler, sistin, metiyonin gibi bitki immün sistemde önemli görevlere sahip olan bu savunma maddelerinin yapısında yer alan S aynı zamanda bitki patojen savunma hormonlarının [salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA), etilen (ET) gibi] düzenlenmesiyle ilgili sinyallerin iletimi ve patojenlerin algılanmasında kritik öneme sahip reaktif sülfür türevleri ve hidrojen sülfür (H_2S) gibi sinyal moleküllerinin de yapı taşıdır (Ghanta ve ark., 2011; Han ve ark., 2013; Yasin ve ark., 2018). *A. thaliana*'da CRK reseptörleri bakteriyel elisitör olan flagellin 22 (*flg22*) uygulamasından sonra uyarılmakta ve yapısında S bulunan CRK reseptörleri mutasyona uğradığı zaman hastalığın ilerlemesi ve konukçu duyarlılığı artmaktadır (Kruse ve ark., 2012; Bolling ve ark., 2013; Yadeta ve ark., 2017). Kükürt içerikli gübreler bazı patojenlere karşı bitkilere hastalık dayanıklılığı sağlamaktadır (Kruse ve ark., 2012; Bolling ve ark., 2013).

Çeltik *OsNRAMP1* geni çeşitli metal iyonlarının taşınmasından sorumlu kanal proteinini kodlamakta ve Cd, Mn, Pb ve Ni'in hücreye girişini sağlamaktadır (Chu ve ark., 2022). *OsNRAMP1* geni mutant varyetelerde çeltik danelerinde bu ağır metal elementlerinin birikimi büyük oranda azalmakta ve metal iyonlarına bağlı enzim aktivitesi tekrar programlanarak hidrojen peroksit (H_2O_2) birikimine neden olmaktadır. Böylece H_2O_2 birikimine bağlı olarak temel immünite teşvik edilerek bakteriyel ve fungal patojenlere dayanıklılık artmaktadır.

Arabidopsis'te bakteriyel bir PAMP (Pathogen-Associated Molecular Patterns = Patojenle İlgili Moleküler Örnekler) elisitör fragmenti olan *flg22* ile teşvik edilen çeşitli iyon dengesindeki değişimler ve immünite arasındaki ilişki araştırılmış, bitki savunması ve K^+ homeostazının *integrin-bağlantılı kinaz1* (*ILK1*) gen fonksiyonuyla bağlantısı rapor edilmiştir (Brauer ve ark., 2016). *ILK1* geni patojenik bakteriyel savunmada, osmotik stres duyarlılığında, PAMP *flg22* uygulamasından sonra hücre tepkisinde ve toplam iyon birikiminde rol oynamakta olup, *in vitro*'da kinaz aktivitesine sahiptir ve bu kinaz özelliğinde immün tepkide rol oynamaktadır. *ILK1* proteini, *HAK5* proteini (High-Affinity K^+ transporter 5: K noksanlığında çalışan bir (H^+)/ K^+ simporter taşıma sistemidir ve yüksek afiniteyle K alımına aracılık eder) ile interaksiyona girer ve *HAK5*'in birikmesine yardımcı olur. Yabani varyetelerde *flg22* uygulaması hem bitki hemde hücre düzeyinde K^+ 'un dışarı çıkışını sağlar, *ILK1* veya *HAK5* zarar gören mutant varyetelerde ise K^+ kaybı nispeten daha fazla olmaktadır. *ILK*-bağlı sinyal verme fonksiyonel olarak temel immüniteyle bağlantılı olmasından dolayı *ILK1*'in fonksiyonu *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun hücre içi çoğalmasında engel olmaktadır. Bu yolla K^+ taşınımı bitkilerde PAMP reaksiyonların teşvikine neden olduğu için önem arz etmektedir. Özetlersek, *flg22* ile teşvik edilen

sinyallerin iletiminde ILK1 immün sistemin bir parçası olarak MPK3/MPK6 sinyalizasyonunu düzenlemekte ve ROS üretimini teşvik etmektedir, ancak reaksiyonun hangi aşamasında hangi kimyasal tepkime geliştiği henüz net olarak bilinmemektedir. Bitki patolojisinin iyon-immün sistem fizyolojisiyle ilgili bazı örnekler bildirilmekle beraber, biyokimyası ve genetiğiyle doğrudan ilgili çalışmalar henüz bulunmamaktadır. İyonların hastalık savunmasındaki rolleri, bitki hastalık dayanıklılığı ve immüniteyi ilgilendiren yeni bir çalışma sahası olarak umut vermektedir.

**Vertebrata'ların, patojen enfeksiyonlarına engel olmak için mutlak gerekli metallerin erişimini kısıtlamasına "besin immünitesi" denir (Hennigar ve McClung, 2016).*

Sonuç

İyonomiks geniş anlamda, bir organizmanın iyon/element içeriğinin incelenmesidir ve bireysel örneklerde mümkün olduğu kadar çok element ölçümü yapılabilen, bu sayede metabolizmanın, genetiğin, gelişmenin ve çevrenin organlarda, dokularda ve hücrelerde element kompozisyonunu nasıl etkilediği belirlenmektedir. Yeni verilerin eklenmesiyle gelişmekte olan yeni araştırma alanı iyonomiks konusu çeşitli organizmaların, bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar dahil, iyonlara/elementlere dayalı homeostazının genlerle ve metabolizmaya bağlantısını da araştırmaktadır. Hücrede doğal bir iyon dengesinde meydana gelen değişimleri kontrol eden mekanizmalarla bağlantılı fonksiyonel genlerin moleküler, hücresel ve fizyolojik görevlerinin ortaya çıkışını sağlayacak olan iyonom konusu çevresel faktörlere bağlı olarak genlerden-fonksiyonlarına doğru bir rota çizilmesinde yeni yaklaşımlar geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Mutant varyete analiziyle iyon taşıyıcı ve kanal sistemlerinin genetik taraması, eliminasyonu ve tanı çalışmaları yapılarak transkripsiyonel regülatörlerin uygulanabilir strateji gelişimi mümkün de görünmektedir. İyonların eksiklikleri veya fazlalıklarında işleyen negatif/pozitif düzenlenme mekanizmaları ve bunların modülasyonu ile ilgili raportör gen sistemleri de yaratılabilir. Özellikle biyoloji ve biyokimya önemli iki temel bilim dalı olarak genler, proteinler ve metabolitlerin moleküler düzeyde yapısı ile fonksiyonlarının ortaya çıkarılmasına öncülük eder. Bu sayede besin elementlerinin algılanması, sinyalizasyonu, metabolizmaları ve düzenlenme mekanizmalarının bütüncül analiziyle bitki-mikrop interaksyonlarında yeni anlayışların geliştirilmesinde odak noktası olacaktır. Disiplinlerarası bir çalışma platformu sunan bitki iyonumu, biyotik/abiyotik stres altında olan bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik düzeyleriyle ilgili bilgiler veren iyonomiks-biyomarkıların gelişimine de imkan verecektir. İyonomun bu sonuçları çevreyle uyumlu sürdürülebilir tarım politikalarına da yöneltecektir.

Hastalık dayanıklılığı bitkilerde genetik bir özelliktir ve bitki-patojen interaksyonlarında bitkinin de patojenin de beslenmesi karşılıklı ilişki içindedir. Bitkilerin besin düzeyi dinamik bir yapıdır, patojen ve abiyotik çevreyle doğrudan korelasyonu vardır. Bu nedenle bitkilerde besin elementlerinin kontrolü hastalık dayanıklılığının önemli düzenleyicisi olup, patojenin penetrasyon ve patogenesis düzeyini kontrol altında tutacak olan bitkinin morfolojik yapıları ve histolojik özelliklerini etkiler. Örneğin bitki hücre duvarı ve membranın önemli bir yapısal fraksiyonu olan kalsiyum (Ca-poligalaktran olarak) yönünden zayıf olan bitkilerde, hücre

duvarı kırılabilir ve birçok patojenler tarafından neden olunan hastalıklara dayanıklılığı da zayıflar. Hücre duvarı, patojenlere engel olan önemli bir morfolojik bariyer olmasının yanında amino asitler ve şekerlerin de transferini kontrol etmektedir (Xuan ve ark., 2013; Bascom ve ark., 2018; Dinkeloo ve ark., 2018; Thor, 2019). Ca^{+2} yetersizliğine bağlı olarak bütünlüğü bozulan hücre duvarı kontrolsüz bir şekilde sitoplazmadan apoplastik alana şekerlerin sızmasına neden olur ve sonuçta birçok patojen organizmalara sunulan besin maddeleri sayesinde bitkinin enfeksiyona eğilimi de teşvik edilir (örneğin fungus sporlarının çimlenmesi kolaylaşır).

Biyotik/abiyotik stres altındaki bitkilerin besin maddelerinin en küçük fraksiyonları olan elementler-iyonlar dengesi, buldukları bölgeler ve konsantrasyonlarının düzenlenmesinden sorumlu genlerin keşfi ve bunların kontrol yollarının iyonomsal alanda başarıyla kullanılabildiği yukarıda örneklenmiştir. Günümüzde genom düzeyinde iyon/element ve biyostresin karşılıklı ilişkilerinin sonuçlarıyla ilgili bilgiler henüz sınırlıdır. İyonomsal’te kullanılabilecek analitik aletlerin çeşitliliği potansiyel olarak iyonoma dayalı mekanizmaların gelişimini de kolaylaştıracaktır. Bitkilerin endojen haberleşme ağ sistemine giren istenmeyen yabancı eksojen biyotik/abiyotik stres sinyallerinin transfer yolları ve iyonom arasındaki interaksiyonlar üzerinde yapılacak araştırmalar tarımsal ürün verimine hiç şüphesiz ki önemli katkılar sunacaktır.

Kısaca her konuyla bağlantılı olmasından dolayı iyonomsal, diğer omiklerle entegre edilerek genoma-dayalı ıslahattan çeşitli omiklere-dayalı ıslah ile yeni yaklaşımların geliştirilmesini mümkün kılmaktadır.

Teşekkür Bilgi Notu

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

Kaynakça

- Acosta-Gamboa, L., Liu, M., Langley, S., Campbell, E., Castro-Guerrero, Z., Mendoza-Cozatl, N. and Lorence, A. 017. Moderate to severe water limitation differentially affects the phenome and ionome of *Arabidopsis*. *Functional Plant Biology*, 44: 94-106.
- Ajeesh Krishna, T.P., Maharajan, T., Victor Roch, G., Ignacimuthu, S. and Antony Ceasar, S. 2020. Structure, Function, Regulation and Phylogenetic Relationship of ZIP Family Transporters of Plants. *Frontier of Plant Science*, 11: 662.
- Amtmann, A., Troufflard, S. and Armengaud, P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Plant Physiology*, 133: 682-691.
- Arslan, D. ve Özcan, M.M. 2011. Güney Anadolu’dan farklı çeşitlere ait zeytin yağlarının mineral madde içeriği üzerine lokasyon ve hasat döneminin etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1): 11-26.

- Assunção, A., Cakmak, I., Clemens, S., González-Guerrero, M., Nawrocki, A. and Thomine, S. 2022. Micronutrient homeostasis in plants for more sustainable agriculture and healthier human nutrition. *Journal of Experimental Botany*, 73(6): 1789-1799.
- Astolfi, S. and Zuchi, S. 2013. Adequate S supply protects barley plants from adverse effects of salinity stress by increasing thiol contents. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 175-181.
- Aznar, A., Chen, N.W.G., Thomine, S. and Dellagi, A. 2015. Immunity to plant pathogens and iron homeostasis. *Plant Science*, 240: 90-97.
- Bascom, C.S., Hepler, P.K. and Bezanilla, M. 2018. Interplay between ions, the cytoskeleton, and cell wall properties during tip growth. *Plant Physiology*, 176(1): 28-40.
- Baxter, I. 2010. Ionomics: The functional genomics of elements. *Briefings in functional genomics*, 9(2): 149-156.
- Baxter, I., Brazelton, J.N., Yu, D., Huang, Y.S., Lahner, B., Yakubova, E., Li, Y., Bergelson, J., Borevitz, J.O., Nordborg, M., Vitek, O. and Salt, D.E. 2010. A coastal cline in sodium accumulation in *Arabidopsis thaliana* is driven by natural variation of the sodium transporter AtHKT1; 1. *PLoS Genetics*, 6(11): e1001193.
- Baxter, I. and Dilkes, B.P. 2012. Elemental profiles reflect plant adaptations to the environment. *Science*, 336(6089): 1661-1663.
- Bentsink, L., Yuan, K., Koornneef, M. and Vreugdenhil, D. 2003. The genetics of phytate and phosphate accumulation in seeds and leaves of *Arabidopsis thaliana*, using natural variation. *Theoretical and Applied Genetics*, 106: 1234-1243.
- Billard, V., Ourry, A., Maillard, A., Garnica, M., Coquet, L., Jouenne, T., Cruz, F., Garcia-Mina, J.M., Yvin, J.C. and Etienne, P. 2014. Copper-deficiency in *Brassica napus* induces copper remobilization, molybdenum accumulation and modification of the expression of chloroplastic proteins. *PLoS One*, 9(10): e109889.
- Bhaduri, D., Rakshit, R. and Chakraborty, K. 2014. Primary and secondary nutrients-a boon to defense system against plant disease. *International Journal of Bio-resources and Stress Management*, 5: 461-466.
- Bollig, K., Specht, A., Myint, S.S., Zahn, M. and Horst, W.J. 2013. Sulphur supply impairs spread of *Verticillium dahliae* in tomato. *European Journal of Plant Pathology*, 135: 81-96.
- Brauer, E.K., Ahsan, N., Dale, R., Kato, N., Coluccio, A.E., Piñeros, M.A., Kochian, L.V., Thelen, J.J. and Popescu, S.C. 2016. The raf-like kinase ILK1 and the high affinity K⁺ transporter HAK5 are required for innate immunity and abiotic stress response. *Plant Physiology*, 171(2): 1470-1484.
- Briat, J.F., Rouached, H., Tissot, N., Gaymard, F. and Dubos, C. 2015. Integration of P, S, Fe and Zn nutrition signals in *Arabidopsis thaliana*: potential involvement of PHOSPHATE STARVATION RESPONSE 1 (PHR1). *Frontiers in Plant Science*, 6: 290.
- Brouwer, S.M., Lindqvist-Reis, P., Persson, D.P., Marttila, S., Grenville-Briggs, L.J. and Andreasson, E. 2021. Visualising the ionome in resistant and susceptible plant-pathogen interactions. *Plant Journal*, 108: 870-885.

- Brown, P.H., Çakmak, I. and Zhang, Q. 1993. Form and function of zinc in plants: *Zinc in Soils and Plants*, Ed.: Robson A.D., Springer, Netherlands, Dordrecht, pp: 93-106.
- Burnell, J.N. 1988. The biochemistry of manganese in plants: *Manganese in Soils and Plants*, Ed.: Graham, R.D., Hannam R.J., Uren N.C., Springer, Dordrecht, pp: 125-137.
- Camacho-Cristóbal, J.J., Rexach, J. and Gonzáles-Fontes, A. 2008. Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Biology*, 50: 1247-1255.
- Campos, A., van Dijk, W., Ramakrishna, P., Giles, T., Korte, P., Douglas, A., Smith, P. and Salt, D.E. 2021. 1,135 ionomes reveal the global pattern of leaf and seed mineral nutrient and trace element diversity in *Arabidopsis thailana*. *The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology*, 106(2): 536-554.
- Cesco, S., Tolotti, A., Nadalini, S., Rizzi, S., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Porfido, C., Allegretta, I., Giovannini, O., Perazzolli, M., Cipriani, G., Terzano, R., Pertot, I. and Pii, Y. 2020. *Plasmopara viticola* infection affects mineral elements allocation and distribution in *Vitis vinifera* leaves. *Scientific Reports*, 10(1): 18759.
- Chase, A.R. 1989. Effect of nitrogen and potassium fertilizer rates in severity of *Xanthomonas* blight of *Syngonium podophyllum*. *Plant Disease*, 73(12): 972-975.
- Chu, C., Huang, R., Liu, L., Tang, G., Xiao, J., Yoo, H. and Yuan, M. 2022. The rice heavy-metal transporter OsNRAMP1 regulates disease resistance by modulating ROS homeostasis. *Plant Cell & Environment*, 45(4): 1109-1126.
- Clarkson, D.T. and Marschner, H. 1996. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition, 889 pp; London: Academic Press, *Annals of Botany*, 78(4): 527-528.
- Cobine, P.A., Cruz, L.F., Navarrete, F., Duncan, D., Tygart, M. and de la Fuente, L. 2013. *Xylella fastidiosa* differentially accumulates mineral elements in biofilm and planktonic cells. *PLoS One*, 8: e54936.
- Courbet, G., D'Oria, A., Lornac, A., Diquélou, S., Pluchon, S., Arkoun, M., Koprivova, A., Kopriva, S., Etienne, P. and Ourry, A. 2021. Specificity and plasticity of the functional ionome of *Brassica napus* and *Triticum aestivum* subjected to macronutrient deprivation. *Frontiers in Plant Science*, 12: 64148.
- D'Attoma, G., Morelli, M., Saldarelli, P., Saponari, M., Giampetruzzi, A., Boscia, D., Savino, V.N., De La Fuente, L. and Conine, P.A. 2019. Ionic differences between susceptible and resistant olive cultivars infected by *Xylella fastidiosa* in the outbreak areas of Salento, Italy. *Pathogens*, 8(4): 272.
- Datnoff, L.E., Elmer, W.H. and Huber, D.M. 2007. Mineral nutrition and plant disease. American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA, 278p.
- De La Fuente, L., Parker, J.K., Oliver, J.E., Granger, S., Brannen, P.M., van Santen, E. and Cobine, P.A. 2013. The bacterial pathogen *Xylella fastidiosa* affects the leaf ionome of plant hosts during infection. *PLoS One*, 8: e62945.

- Del Coco, L., Migoni, D., Girelli, C.R., Angilè, F., Scortichini, M. and Fanizzi, F.P. 2020. Soil and leaf ionome heterogeneity in *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*-infected, non-infected and treated olive groves in Apuli, Italy. *Plants* (Basel, Switzerland), 9(6): 760.
- Deng, F., Yamaji, N., Xia, J. and Ma, J.F. 2013. A member of the heavy metal P-type ATPase OsHMA5 in involved in xylem loading of copper in rice. *Plant Physiology*, 163: 1353-1362.
- Dimkpa, C.O. and Bindraban, P.S. 2015. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36: 1-27.
- Dinkeloo, K., Boyd, S. and Pilot, G. 2018. Update on amino acid transporter functions and on possible amino acid sensing mechanisms in plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 74: 105-113.
- Dordas, C. 2009. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28: 33-46.
- D'Oria, A., Courbet, G., Lornac, A., Pluchon, S., Arkoun, M., Maillard, A., Etienne, P., Diquélou, S. and Ourry, A. 2021. Specificity and plasticity of the functional ionome of *Brassica napus* and *Triticum aestivum* exposed to micronutrient or beneficial nutrient deprivation and predictive sensitivity of the ionic signatures. *Frontiers in Plant Science*, 12: 641678.
- Elmer, W.H. and Datnoff, L.E. 2014. Mineral nutrition and suppression of plant disease: *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, Ed.: Neal V.A., San Diego, Elsevier, pp: 231-244.
- Eren, E. and Argüello, J.M. 2004. Arabidopsis HMA2, a divalent heavy metal-transporting PIB-type ATPase, is involved in cytoplasmic Zn²⁺ homeostasis. *Plant Physiology*, 136: 3712-3723.
- Fones, H., Davis, C.A.R., Rico, A., Fang, F., Smith, J.A.C. and Preston, G.M. 2010. Metal hyperaccumulation armors plants against disease. *PLoS Pathogens*, 6: e1001093.
- Fones, H.N. and Preston, G.M. 2012. Reactive oxygen and oxidative stress tolerance in plant pathogenic *Pseudomonas*. *Fems Microbiology Letters*, 327: 1-8.
- Forsberg, S.K., Andreatta, M.E., Huang, X.Y., Danku, J., Salt, D.E. and Carlborg, Ö. 2015. The multi-allelic genetic architecture of a variance-heterogeneity locus for molybdenum concentration in leaves acts as a source of unexplained additive genetic variance. *PLoS Genetics*, 11(11): e1005648.
- Gao, Y.Q., Chen, J.G., Chen, Z.R., An, D., Lv, Q.Y., Han, M.L., Wang, Y.L., Salt, D.E. and Chao, D.Y. 2017. A new vesicle trafficking regulator CTL1 plays a crucial role in ion homeostasis. *PLoS Biology*, 15(12): e2002978.
- Garcia-Molina, A., Andrés-Colás, N., Perea-García, A., Neumann, U., Dodani, S.C., Huijser, P., Penarrubia, L. and Puig, S. 2013. The *Arabidopsis* COPT6 transport protein functions in copper distribution under copper-deficient conditions. *Plant and Cell Physiology*, 54(8): 1378-1390.
- Ghanta, S., Bhattacharyya, D., Sinha, R. and Banerjee, A. 2011. *Nicotiana tabacum* overexpressing -ECS exhibits biotic stress tolerance likely through NPR1-dependent salicylic acid-mediated pathway. *Planta*, 233: 895-910.

- Gravot, A., Lieutaud, A., Verret, F., Auroy, P., Vavasseur, A. and Richaud, P. 2004. AtHMA3, a plant P1B-ATPase, functions as a Cd/Pb transporter in yeast. *FEBS Letters*, 561: 22-28.
- Guan, S., Xu, Q., Ma, D., Zhang, W., Xu, Z., Zhao, M. and Guo, Z. 2019. Transcriptomics profiling in response to cold stress in cultivated rice and weedy rice. *Gene*, 685: 96-105.
- Gupta, S.K., Rai, A.K., Kanwar, S.S. and Sharma, T.R. 2012. Comparative analysis of zinc finger proteins involved in plant disease resistance. *PLoS ONE*, 7: 8.
- Hall, J.A. and Williams, L.E. 2003. Transition metal transporters in plants. *Journal of Experimental Botany*, 54: 2601-2613.
- Han, Y., Chaouch, S., Mhamdi, A., Queval, G., Zechmann, B. and Noctor, G. 2013. Functional analysis of *Arabidopsis* mutants points to novel roles for glutathione in coupling H₂O₂ to activation of salicylic acid accumulation and signaling. *Antioxidants and Redox Signaling*, 18: 2106-2121.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S. and White, P. 2012. Functions of Macronutrients: *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Eds.: Marschner, P., San Diego, USA, Elsevier, pp: 135-189.
- Hennigar, S.R. and McClung, J.P. 2016. Nutritional Immunity: Starving pathogens of trace minerals. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 10(3): 170-173.
- Hindt, M.N., Akmakjian, G.Z., Pivarski, K.L., Punshon, T., Baxter, I., Salt, D.E. and Guerinot, M.L. 2017. BRUTUS and its paralogs, BTS LIKE1 and BTS LIKE2, encode important negative regulators of the iron deficiency response in *Arabidopsis thaliana*. *Metallomics: Integrated Biometal Science*, 9(7): 876-890.
- Hoegen, E., Ströberg, A., Pihlgren, U. and Kombrink, E. 2002. Primary structure and tissue-specific expression of the pathogenesis-related protein PR-1b in potato. *Molecular Plant Pathology*, 3(5): 329-345.
- Hoekenga, O.A., Maron, L.G., Piñeros, M.A., Cançado, G.M., Shaff, J., Kobayashi, Y., Ryan, P.R., Dong, B., Delhaize, E., Sasaki, T., Matsumoto, H., Koyama, H. and Kochian, L.V. 2006. AtALMT1, which encodes a malate transporter, is identified as one of several genes critical for aluminum tolerance in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 103: 9738-9743.
- Hoffland, E., Jeger, M.J. and van Beusichem, M.L. 2000. Effect of nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. *Plant and Soil*, 218: 239-247.
- Holzmueller, E.J., Jose, S. and Jenkins, M.A. 2007. Influence of calcium, potassium and magnesium on *Cornus florida* L. density and resistance to dogwood anthracnose. *Plant Soil*, 290: 189-199.
- Huang, X.Y., Deng, F., Yamaji, N., Pinson, S.R.M., Fujii-Kashino, M., Danku, J., Douglas, A., Guerinot, M.L., Salt, D.E. and Ma, J.F. 2016. A heavy metal P-type ATPase OsHMA4 prevents copper accumulation in rice grain. *Nature Communications*, 7: 12138.
- Huber, D.M. and Haneklaus, S. 2007. Managing nutrition to control plant disease. *Landbauforschung Volkenrode*, 57: 313-322.

- Kaiser, B.N., Gridley, K.L., Brady, J.N., Phillips, T. and Tyerman, S.D. 2005. The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of Botany*, 745-754.
- Kamiya, T., Borghi, M., Wang, P., Danku, J.M., Kalmbach, L., Hosmani, P.S., Naseer, S., Fujiwara, T., Geldner, N. and Salt, D.E. 2015. The MYB36 transcription factor orchestrates Casparian strip formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(33): 10533-10538.
- Karapınar, H.S. ve Kılıçel, F. 2020. Determination of some toxic elements (Cr, Cd, Cu and Pb) Levels in cumin and cinnamon aromatic plants Frequently used as foodstuff. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34: 1-8.
- Kieu, N.P., Anzar, A., Segond, D., Rigault, M., Simond-Côte, E., Kunz, C., Soulie, M.C., Expert, D. and Dellagi, A. 2012. Iron deficiency affects plant defence responses and confers resistance to *Dickeya dadantii* and *Botrytis cinerea*. *Molecular Plant Pathology*, 13(8): 816-827.
- Kim, S.H., Hong, J.K., Lee, S.C., Sohn, K.H., Jung, H.W. and Hwang, B.K. 2004. CAZFP1, CYS2/HIS(2)-type zinc-finger transcription factor gene functions as a pathogen-induced early-defense gene in *Capsicum annuum*. *Plant Molecular Biology*, 55: 883-904.
- Kobayashi, T., Nagasaka, S., Senoura, T., Itai, R.N., Nakanishi, H. and Nishizawa, N.K. 2013. Iron-binding haemerythrin RING ubiquitin ligases regulate plant iron responses and accumulation. *Nature Communications*, 4: 2792.
- Kobayashi, T., Nozoye, T. and Nishizawa, N.K. 2019. Iron transport and its regulation in plants. *Free Radical Biology and Medicine*, 133: 11-20.
- Kolaj-Robin, O., Russell, D., Hayes, K.A., Pembroke, J.T. and Soulimane, T. 2015. Cation diffusion facilitator family: Structure and Function. *FEBS Letters*, 589: 1283-1295.
- Kronzucker, H.J., Coskun, D., Schulze, L.M., Wong, J.R. and Britto, D.T. 2013. Sodium as nutrient and toxicant. *Plant Soil*, 369: 1-23.
- Kruse, C., Haas, F.H., Jost, R., Reiser, B., Reichelt, M., Wirtz, M., Gershenzon, J., Schnug, E. and Hell, R. 2012. Improved sulfur nutrition provides the basis for enhanced production of sulfur-containing defense compounds in *Arabidopsis thaliana* upon inoculation with *Alternaria brassicicola*. *Journal of Plant Physiology*, 169: 740-743.
- Kudla, J., Batistic, O. and Hashimoto, K. 2010. Calcium signals: The lead currency of plant information processing. *Plant Cell*, 22: 541-563.
- Lahner, B., Gong, J., Mahmoudian, M., Smith, E.L., Abid, K.B., Rogers, E.E., Guerinot, M.L., Harper, J.F., Ward, J.M., McIntyre, L., Schroeder, J.I. and Salt, D.E. 2003. Genomic scale profiling of nutrient and trace elements in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Biotechnology*, 21(10): 1215-1221.
- Li, N., Liu, H., Sun, J., Zheng, H., Wang, J., Yang, L., Zhao, H. and Zou, D. 2018. Transcriptome analysis of two contrasting rice cultivars during alkaline stress. *Scientific Reports*, 8(1): 1-16.

- Liu, S., Zhong, H., Meng, X., Sun, T., Li, Y., Pinson, S.R., Chang, S.K. and Peng, Z. 2020. Genome-wide association studies of ionomic and agronomic traits in USDA mini core collection of rice and comparative analyses of different mapping methods. *BMC Plant Biology*, 20: 441.
- Lopez-Delacalle, M., Camejo, D.M., García-Martí, M., Nortés, P.A., Nieves-Cordones, M., Martínez, V., Rubio, F., Mittler, R. and Rivero, R.M. 2020. Using tomato recombinant lines to improve plant tolerance to stress combination through a more efficient nitrogen metabolism. *Frontiers of Plant Science*, 10: 1702.
- Maathuis F.J. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3): 250-258.
- Mann, A., Singh, S., Kumar, A., Kumar, S. and Kumar, B. 2018. Plant ionomics: an important component of functional biology: *Metabolic Adaptations in Plant During Abiotic Stress*, Ed.: Ramakrishna, A., Gill S.S., . CRC Press, pp: 147-154.
- Marschner, H. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants (No. Ed. 3). Elsevier, London, 649p.
- Maser, P., Thomine, S., Schroeder, J.I., Ward, J.M., Hirschi, K., Sze, H., Talke, I.N., Amtmann, A., Maathuis, F.J. and Sanders, D. 2001. Phylogenetic relationship within cation transporter families of *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 126: 1646-1667.
- Mendel, R.R. 2011. Cell biology of molybdenum in plants. *Plant Cell Reports*, 30(10): 1787-1797.
- Millaleo, R., Reyes-Diaz, M., Ivanov, A., Mora, M. and Alberdi, M. 2010. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *The Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(4): 470-481.
- Mills, R.F., Krijger, G.C., Baccarini, P.J., Hall, J.L. and Williams, L.E. 2003. Functional expression of AtHMA4, a P1B-type ATPase of the Zn/Co/Cd/Pb subclass. *Plant Journal*. 35: 164-176.
- Mills, R.F., Krijger, G.C., Baccarini P.J., Hall, J.L. and Williams, L.E. 2005. The plant P1B-type ATPase AtHMA4 transports Zn and Cd and plays a role in detoxification of transition metals supplied at elevated levels. *FEBS Letters*, 579: 783-791.
- Misra, B.B., Reichman, S.M. and Chen, S. 2019. The guard cell ionome: understanding the role of ions in guard cell functions. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 146: 50-62.
- Miyamoto-Maeta, M., Kamiya, T., Fujiwara, T., Hiroto, D. and Iwata, H. 2021. Time-course changes in the ionomic profile of rice leaves and their application in growth stage prediction. *Crop Science*, 61: 4239-4254.
- Montanini, B., Blaudez, D., Jeandroz, S., Sanders, D. and Chalot, M. 2007. Phylogenetic and functional analysis of the cation diffusion facilitator (CDF) family: Improved signature and prediction of substrate specificity. *BMC Genomics*, 8: 107.
- Morel, M., Crouzet, J., Gravot, A., Auroy, P., Leonhardt, N., Vavasseur, A. and Richaud, P. 2009. AtHMA3, a P1B-ATPase allowing Cd/Zn/co/Pb vacuolar storage in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 149: 894-904.
- Navarrete, F. and De La Fuente, L. 2015. Zinc detoxification is required for full virulence and modification of the host leaf ionome by *Xylella fastidiosa*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 28: 497-507.

- Nicolas, O., Charles, M.T., Jenni, S., Taussaint, V., Parent, S.É. and Beaulieu, C. 2019. The ionomics of lettuce infected by *Xanthomonas campestris* pv. *vitians*. *Frontiers in Plant Science*, 10: 351.
- Outten, C.E. and O'Halloran, T.V. 2001. Femtomolar sensitivity of metalloregulatory proteins controlling zinc homeostasis. *Science* (New York, NY), 292(5526): 2488-2492.
- Pais, I. and Jones, Jr J.B. 1997. The handbook of trace elements (No. Ed. 1). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 240p.
- Payne, K.A., Bowen, H.C., Hammond, J.P., Hampton, C.R., Lynn, J.R., Mead, A., Swarup, K., Bennett, M.J., White, P.J. and Broadly, M.R. 2004. Natural genetic variation in caesium (Cs) accumulation by *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 162: 535-548.
- Pierre, J.L. and Fontecave, M. 1999. Iron and activated oxygen species in biology: The basic chemistry. *Biometals*, 12: 195-199.
- Pilon-Smits, E.A., Quinn, C.F., Tapken, W., Malagoli, M. and Schiavon, M. 2009. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3): 267-274.
- Pita-Barbosa, A., Ricachenevsky, F.K., Wilson, M., Dottorini, T. and Salt, D.E. 2019. Transcriptional Plasticity Buffers Genetic Variation in Zinc Homeostasis. *Scientific Reports*, 9: 19482.
- Poschenrieder, C., Tolrà, R. and Barceló, J. 2006. Can metals defend plants against biotic stress? *Trends in Plant Science*, 11: 288-295.
- Poormohammad, Kiani S., Trontin, C., Andreatta, M., Simon, M., Robert, T., Salt, D.E. and Loudet, O. 2012. Allelic heterogeneity and trade-off shape natural variation for response to soil micronutrient. *PLoS Genetics*, 8(7): e1002814.
- Quan, X., Zeng, J., Han, Z. and Zhang, G. 2017. Ionomic and physiological responses to low nitrogen stress in Tibetan wild and cultivated barley. *Plant Physiology and Biochemistry: PPB*, 111: 257-265.
- Rai, W., Khatoon, S., Bisht, S.S. and Mehrotra, S. 2005. Effect of cadmium on growth, ultramorfology of leaf and secondary metabolites of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn. *Chemosphere*, 61: 1644-1650.
- Rasoolizadeh, A., Labbé, C., Sonah, H., Deshmukh, R.K., Belzile, F., Menzies, J.G. and Bélanger, R.R. 2018. Silicon protects soybean plants against *Phytophthora sojae* by interfering with effector-receptor expression. *BMC Plant Biology*, 18(1): 1-13.
- Rauh, L., Basten, C. and Buckler, S., 4th. 2002. Quantitative trait loci analysis of growth response to varying nitrogen sources in *Arabidopsis thaliana*. *Theoretical and Applied Genetics*, 104(5): 743-750.
- Rodríguez-Jiménez, T.D.J., Ojeda-Barrios, D.L., Blanca-Macíos, F., Valdez-Cepeda, R.D. and Parra-Quezada, R. 2016. Urease y níquel en la fisiología de las plantas. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 22(2): 69-82.
- Sasaki, A., Yamaji, N. and Ma, J.F. 2016. Transporters involved in mineral nutrient uptake in rice. *Journal of Experimental Botany*, 67: 3645-3653.

- Satishruti, K., Senthil, N., Vellaikumar, S., Ranjani, R.V. and Raveendran, M. 2013. Plant ionomics: a platform for identifying novel gene regulating plant mineral nutrition. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 1309-1315.
- Sebastiani, L., Scebba, F. and Tognetti, R. 2004. Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (*Populus deltoides* × *maximowiczii*) and I-214 (*P.* × *euramericana*) exposed to industrial waste. *Environmental and Experimental Botany*, 52: 79-88.
- Sharma, E., Jain, M. and Khurana, J.P. 2019. Differential quantitative regulation of specific gene groups and pathways under drought stress in rice. *Genomics*, 111(6): 1699-1712.
- Shen, C., Yang, Y., Liu, K., Zhang, L., Guo, H., Sun, T. and Wang, H. 2016. Involvement of endogenous salicylic acid in iron-deficiency responses in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*, 67(14): 4179-4193.
- Singh, S., Parihar, P., Singh, R., Singh, V.P. and Prasad, S.M. 2016. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics and ionomics. *Frontiers of Plant Science*, 6: 1143.
- Singh, A., Jaiswal, A., Singh, A., Tomar, R.S. and Kumar, A. 2021. Plant ionomics: toward high-throughput nutrient profiling: *Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change*, Ed.: Kumar, V., Srivastava, A.K., Suprasanna, P., Elsevier/Academic Press, pp. 227-254.
- Spann, T.M. and Schumann, A.W. 2010. Mineral nutrition contributes to plant disease and pest resistance. One of the Series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, IFAS Extension, This document is HS1181. <http://edis.ifas.ufl.edu>
- Sun, X., Pan, B., Wang, Y., Xu, W. and Zhang, S. 2020. Exogenous calcium improved resistance to *Botryosphaeria dothidea* by increasing autophagy activity and salicylic acid level in pear. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 33: 1150-1160.
- Suzuki, M., Bashir, K., Inoue, H., Takahashi, M., Nakanishi, H. and Nishizawa, N.K. 2012. Accumulation of starch in Zinc-deficient rice. *Rice*, 5: 9.
- Szpunar, J. 2004. Metallomics: a new frontier in analytical chemistry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378(1): 54-56.
- Takahashi, R., Bashir, K., Ishimaru, Y., Nishizawa, N.K. and Nakanishi, H. 2012a. The role of heavy-metal ATPases, HMAs, in zinc and cadmium transport in rice. *Plant Signaling and Behavior*, 7: 1506-1607.
- Takahashi, R., Ishimaru, Y., Shimo, H., Ogo, Y., Senoura, T., Nishizawa, N.K. and Nakanishi, H. 2012b. The OsHMA2 transporter is involved in root-to-shoot translocation of Zn and Cd in rice. *Plant Cell and Environment*, 35: 1948-1957.
- Terranova, M.L. and Tavares, O.A.P. 2022. The periodic table of the elements: the search for transactinides and beyond. *Rendiconti Lincei-Scienze Fisiche E Naturali*, 33: 1-16.

- Thapa, G., Sadhukhan, A., Panda, S.K. and Sahoo, L. 2012. Molecular mechanistic model of plant heavy metal tolerance. *Biometals*, 25(3): 489-505.
- Thomine, S., Wang, R., Ward, J.M., Crawford, N.M. and Schroeder, J.I. 2000. Cadmium and iron transport by members of a plant metal transporter family in *Arabidopsis* with homology to Nramp genes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97: 4991-4996.
- Thor, K. 2019. Calcium-nutrient and Messenger. *Frontiers in Plant Science*, 10: 440.
- Torres, M.A. 2010. ROS in biotic interactions. *Physiologia Plantarum*, 138: 414-429.
- Usmani, M.M., Nawaz, F. and Majeed, S. 2020. Sulfate-mediated drought tolerance in maize involves regulation at physiological and biochemical levels. *Scientific Reports*, 10: 1147.
- Veley, K.M., Berry, J.C., Fentress, S.J., Schachtman, D.P., Baxter, I. and Bart, R. 2017. High-throughput profiling and analysis of plant responses over time to abiotic stress. *Plant Direct*, 1: e00023.
- Verret, F., Gravot, A., Auroy, P., Preveral, S., Forestier, C., Vavasseur, A. and Richaud, P. 2005. Heavy metal transport by AtHMA4 involves the N-terminal degenerated metal binding domain and the C-terminal His11 stretch. *FEBS Letters*, 579: 1515-1522.
- Walters, D.R. and Bingham, I.J. 2007. Influence of Nutrition on Disease Development Caused by Fungal Pathogens: Implications for Plant Disease Control. *Annals of Applied Biology*, 151: 307-324.
- Wang, M., Gao, L., Dong, S., Sun, Y., Shen, Q. and Guo, S. 2017. Role of silicon on plant- pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science*, 8: 701.
- Watanabe, T., Urayana, M., Shinano, T., Okada, R. and Osaki, M. 2015. Application of ionomics to plant and soil in fields under long-term fertilizer trials. *SpringerPlus*, 4: 781.
- Watanabe, T., Okada, R. and Urayama, M. 2022. Differences in ionic responses to nutrient deficiencies among plant species under field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 45(10): 1493-1503.
- Whitt, L., Ricachenevsky, F.K., Ziegler, G.Z., Clemens, S., Walker, E., Maathuis, F., Kear, P. and Baxter, I. 2020. A curated list of genes that affect the plant ionome. *Plant Direct*, 4(10): e00272.
- Williams, R.J.P. 2001. Chemical selection of elements by cells. *Coordination Chemistry Reviews*, 216: 583-595.
- Xuan, Y.H., Hu, Y.B., Chen, L.Q., Sosso, D., Ducat, D.C., Hou, B.H. and Frommer, W.B. 2013. Functional role of oligomerization for bacterial and plant SWEET sugar transporter family. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(39): E3685-E3694.
- Yadeta, K.A., Elmore, J.M., Creer, A.Y., Feng, B., Franco, J.Y., Rufian, J.S., He, P., Phinney, B. and Coaker, G. 2017. A cysteine-rich protein kinase associates with a membrane immune complex and cysteine residues are required for cell death. *Plant Physiology*, 173: 771-787.
- Yang, M., Lu, K., Zhao, F.J., Xie, W., Ramakrishna, P., Wang, G., Du, Q., Liang, L., Sun, C., Zhao, H., Zhang, Z., Liu, Z., Tian, J., Huang, X.Y., Wang, W., Dong, H., Hu, J., Ming, L., Xing, Y., Wang, G., Xiao, J., Salt, D.E. and Lian, X. 2018. Genome-wide association studies reveal the genetic basis of ionic variation in rice. *The Plant Cell*, 30(11): 2720-2740.

- Yasin, N.A., Zheer, M.M., Khan, W.U., Ahmad, S.R., Ali, A. and Akram, W. 2018. The beneficial role of potassium in Cd-induced stress alleviation and growth improvement in *Gladiolus grandiflora* L. *International Journal of Phytoremediation*, 20: 274-283.
- Yruela, I. 2005. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17: 145-156.
- Yuan, M., Wang, S., Chu, Z., Li, X. and Xu, C. 2010. The bacterial pathogen *Xanthomonas oryzae* overcomes rice defenses by regulating host copper redistribution. *Plant Cell*, 22: 3164-3176.
- Zhao, H., Sun, R., Albrecht, U., Padmanabhan, C., Wang, A., Coffey, M.D., Girke, T., Wang, Z., Close, T.J., Roose, M., Yokomi, R.K., Folimonova, S., Vidalakis, G., Rouse, R., Bowman, K.D. and Jin, H. 2013. Small RNA profiling reveals phosphorus deficiency as a contributing factor in symptom expression for citrus huanglongbing disease. *Molecular Plant*, 6(2): 301-310.



Tarımda Sürdürülebilirlik ve Gıda Güvenliği^A

Çağla KAYIŞOĞLU^{1*}, Seçil TÜRKSOY²

Öz: Sürdürülebilir tarım ve gıda vizyonu, besleyici özellikleri bakımından vazgeçilmez olan gıdanın herkes için erişilebilir olduğu ve doğal kaynakların günümüzde ve gelecekte ihtiyaçları karşılamaya yönelik ekosistem fonksiyonlarını sürdüreceği şekilde yönetildiği bir dünya için büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, 19. yüzyılın sonlarına doğru üretim süreçlerinde aşırı enerji kullanımı ve hızlı nüfus artışı ile şekillenen tüketim alışkanlıklarının değişmesi sonucu doğal kaynakların yoğun kullanımı birtakım tartışmalara yol açmıştır. Artan talebi karşılamak amacıyla uygulanan konvansiyonel tarım, fazla miktarda kimyasal girdi kullanımı ile çevreye zarar vermekte ve gıda güvenliğinin sağlanmasında birtakım sorunlara yol açmaktadır. Bu durum, doğal kaynakları koruyan, çevreye zarar vermeyen, gıda güvenliğinin ön planda tutulduğu ve gelecek nesiller için çevre dostu olan sürdürülebilir tarım kavramının önemini ortaya çıkarmıştır. Sürdürülebilir tarım ile doğal kaynak tüketimini minimize etmek, doğal ortama zarar vermeden güvenli gıda üretimi yapmak, çiftçilerin ekonomik düzeyini ve yaşam kalitesini arttırmak amaçlanmaktadır. Bu kavram içerisinde yer alan organik tarım ve iyi tarım uygulama sistemleri dünyada ve ülkemizde son zamanlarda yaygın olarak kullanılan sürdürülebilir tarım sistemleri olup, güvenli ve sağlıklı gıda üretimi ve tüketimine katkı sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında, sürdürülebilir tarım uygulamalarının avantajları ve gıda güvenliği ile olan ilişkisi ile dünyada ve ülkemizde bu alandaki son gelişmeler üzerine güncel bir derleme sunulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir tarım, Gıda güvenliği, İyi tarım uygulamaları, Organik tarım.

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

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Çağla Kayışoğlu, Hitit Üniversitesi, Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Gıda Mühendisliği, Çorum, Türkiye, caglakayisoglu@hitit.edu.tr, [OrcID 0000-0002-5235-7963](https://orcid.org/0000-0002-5235-7963)

² Seçil Türksoy, Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Çorum, Türkiye, secilturksoy@hitit.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5763-2744](https://orcid.org/0000-0001-5763-2744)

Sustainability In Agriculture And Food Safety

Abstract: The vision of sustainable agriculture and food is of great importance for a world where food, which is indispensable for its nutritional properties, is accessible to everyone and natural resources are managed to maintain ecosystem functions to meet current and future needs. Towards the end of the 19th century, the excessive use of energy in the production processes, the change in the consumption pattern with the population growth and the intense use of natural resources led to some discussions. Conventional agriculture harms the environment with the use of large amounts of chemical inputs and causes some problems in ensuring food safety. This situation has revealed the importance of the concept of sustainable agriculture, which protects natural resources, does not harm the environment, prioritizes food safety and is environmentally friendly for future generations. In sustainable agriculture, it is aimed to minimize the consumption of natural resources, to produce safe food without harming the natural environment, to increase the economic level and quality of life of the farmers. Organic agriculture and good agricultural practice systems are sustainable agriculture systems that have been widely used in the world and in our country recently and contribute to the production and consumption of safe and healthy food. Within the scope of this study, it is aimed to present an up-to-date review on the advantages of sustainable agricultural practices and their relationship with food safety, as well as the latest developments in this field in the world and in our country.

Keywords: Sustainable agriculture, Food safety, Good agricultural practices, Organic agriculture.

Giriş

Dünya nüfusunun hızla artması ile birlikte artan beslenme gereksinimlerini karşılamak için özellikle tarımda verimi arttırmaya olan yönelim de beraberinde artmıştır. Bu talebi karşılamak için çeşitli yöntemler (kimyasal gübre uygulaması, hibrit teknolojisi, tarımsal ilaçlar, tarım makinaları vb.) geliştirilmiş olup bu dönem “Yeşil Devrim” olarak adlandırılmıştır. Ancak geliştirilen bu yöntemlerle birlikte kimyasal girdilerin bilinçsiz şekilde kullanılması çevre kirliliği açısından problem teşkil ederken ayrıca ürün kalitesini etkileyerek beslenme açısından da problem teşkil etmiştir (Kodaş ve Er, 2012; Boz ve Kiliç, 2021). Sanayileşmenin ve nüfusun artmasıyla birlikte ürün miktarını arttırmak için uygulanan bu yöntemler gıdada kalıntı riskini arttırmış, besin madde dengesinin bozulmasına yol açmış ve toprakta tuzlanma, çoraklanma gibi problemleri de beraberinde getirmiştir (Kodaş ve Er, 2012). Bu olumsuz gelişmeleri önlemek amacıyla, 1972 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre Komisyonu’nun onaylamış olduğu “Stocklom Bildirisi” nin ikinci maddesinde “Sürdürülebilirlik” terimi ilk olarak yer almıştır. 1987 yılında yayımlanan “Brundtland Raporu” nda ise sürdürülebilirlik kavramı komisyon tarafından “Sürdürülebilir Kalkınma” olarak adlandırılmıştır (Pezikoğlu, 2006; Haspolat, 2015; Aydın Eryılmaz ve Kılıç, 2018). Bu çalışmada, sürdürülebilir tarımın ilkeleri ile ülkemizde sürdürülebilir tarım uygulamaları hakkında güncel bilgilerin aktarılması amaçlanmıştır.

Sürdürülebilir Tarım ve Temel Göstergeleri

Türkiye hem coğrafi konumu hem de ekolojik koşulları nedeniyle tarımsal üretim açısından zengin ürün çeşitliliği ve miktarına sahiptir. Ancak, artan nüfus ile birlikte tüketimdeki artış değerleri gıda ve tarım ürünlerinde konvansiyonel tarım uygulamalarını ülkemizde en çok kullanılan üretim yöntemi konumuna getirmiştir (Aydın Eryılmaz ve Kılıç, 2018; Lampridi ve ark., 2019). Yoğun kimyasal girdi kullanımını beraberinde getiren konvansiyonel tarım uygulaması, doğal kaynakların tahrip olmasına neden olmakla birlikte gıda güvenliğini de büyük oranda tehlike altına sokmaktadır (Kılıç ve ark., 2020). Dolayısı ile konvansiyonel tarıma karşı doğal kaynakları koruyan, çevreye zarar vermeyen, gıda güvenliğinin ön planda tutulduğu ve gelecek nesiller için çevre dostu olan sürdürülebilir tarım kavramı ülkemizde de dünyada olduğu gibi gündeme gelerek önem kazanmıştır. Sürdürülebilir tarım kavramı üzerine, günümüzde dünyada ve ülkemizde birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Sürdürülebilir tarım kavramı aslında bütüncül bir kavram olup amaç; doğal kaynak tüketimini indirmek, doğal ortama zarar vermeden güvenli gıda üretimi yapmak, çiftçilerin ekonomik düzeyini ve yaşam kalitesini arttırmaktır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sürdürülebilir tarımın temel göstergeleri

Göstergeler	Belirleyicileri
Üreticinin geliri	Üreticilerin ürün kalitesini artırarak dış ticaretin geliştirilmesi, üretici gelirinin artması ve yaşam standartının yükselmesi Verimin arttırılması
Doğal kaynaklar	Gıda güvenliğinin sağlanması ile ürün kalitesinin artması Toprağı sulama, gübreleme ve ilaçlama Su kaynaklarının tüketimi Kimyasal atık miktarı Sulardaki tuzluluk oranı Doğal kaynaklar üzerine tarımın etkisi
Çevre	Arazi bozulması Toprak erozyonu Bitki örtüsünün korunması Toprak mineral madde kompozisyonunun arttırılması
Yönetimsel etkiler	Gerekli eğitimlerin yaygınlaştırılması
Sosyal etkiler	Tarımda insan gücü ile çalışmanın ve işgücü eğitiminin geliştirilmesi

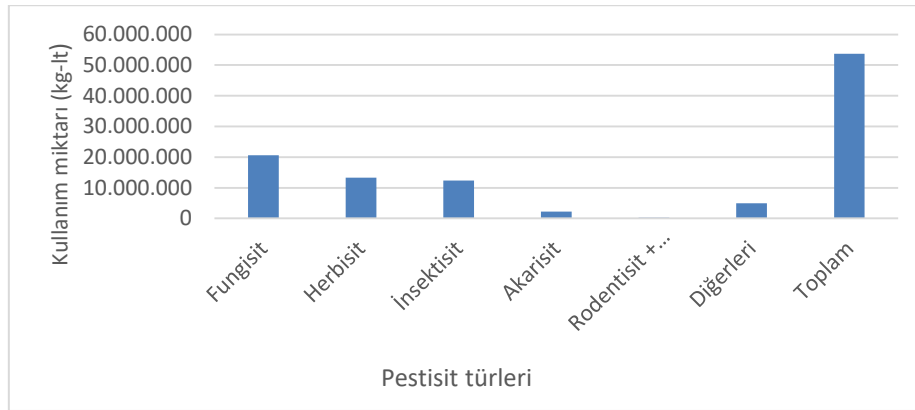
Kaynak: (Turhan, 2005.; Zeweld ve ark., 2020; Jaiswal ve ark., 2022)

Çizelge 1’de özetlendiği gibi sürdürülebilir tarımda çiftçinin gelirinin uzun vadeli olması önemlidir. Ayrıca gelecek nesillerin güçlüklerle karşılaşmasını önlemek amacıyla doğal kaynakların korunması zorunludur. Dolayısı ile sürdürülebilir olmayan tarımsal işlemlere son verilmeli, hedefler iyi belirlenmelidir. Konvansiyonel tarımda karşılaşılan gıda güvenliği problemleri ön planda tutulmalı ve insan sağlığı için sürdürülebilir tarım desteklenmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.

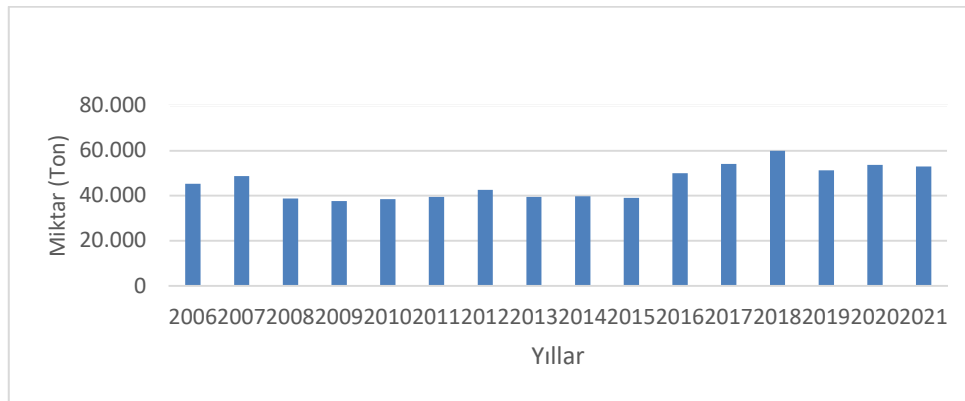
Ülkemizde Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları

Ülkemizde nüfusun hızla artmasıyla birlikte tarım ürünlerine olan talepte sürekli bir artış göstermektedir. Dolayısıyla artan bu talebi karşılamak için günümüzde yaygın olarak konvansiyonel tarım uygulamaları kullanılmaktadır. Konvansiyonel tarımla birlikte özellikle fazla miktarda azot ve fosforlu gübre kullanımının toprağın hem fiziksel hem de kimyasal yapısını bozduğu dolayısıyla son ürün kalitesi üzerinde önemli etkisinin olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Buna ek olarak fazla miktarda pestisit kullanımı ile birlikte toprağın mikrobiotasının değiştiği dolayısıyla ürün kalitesinin, ürün veriminin bundan olumsuz yönde etkilendiği ve gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturduğu bilinmektedir (Turhan, 2005; Karaca, 2013; Çukur ve Isin, 2008; Gyawali, 2018).

Ülkemizde 2021 yılında bitki koruma için kullanılan pestisitlerin oranı Şekil 1’de verilmiştir. Türkiye’de de kullanıldıkları zararlı grubuna göre öne çıkan pestisitler; insektisit, fungusit ve herbisitlerdir. 2021 yılında kullanılan toplam pestisitlerin %36’sını fungusitler oluştururken bunu sırasıyla herbisitler (%25,1) ve insektisitler (%20,9) takip etmektedir (Şekil 1). 2006 yılında 45 bin ton pestisit kullanım miktarının 2021 yılına gelindiğinde %16,72 oranında artışla 52 bin ton seviyesine gelmiş olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. 2021 yılı pestisit kullanımının pestisit gruplarına göre kullanım miktarı verileri (Anonim, 2022c)



Şekil 2. 2006-2021 yılları bitki koruma ürünü kullanım miktarı (Anonim, 2022c)

Pestisit kullanımının en önemli çıktılarından biri de insan sağlığında meydana getirdiği olumsuz etkileridir (Lin ve ark., 2022). Bunlar arasında akut hastalıklar (yorgunluk, baş ağrısı, mide bulantısı, aşırı terleme, görme bozukluğu, titreme, vücut ağrıları, cilt rahatsızlıkları) ve maruz kalınan miktar düşük olsa dahi bağışıklık sistemini zayıflatarak kronik hastalıklara sebebiyet verdiği literatürde mevcuttur. Kronik hastalıklar üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalar hormona bağlı kanser riskleri maruz kalınan pestisit miktarı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalarda meme kanseri olan kadınlardan alınan yağ örneklerinde yüksek düzeyde pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. İspanyada yürütülen epidemiyolojik bir çalışmada 2661 meme kanseri vakasından %80'ninin yüksek pestisit maruziyetinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Leong ve ark., 2020). Pestisit kalıntı maruziyetinin yol açtığı bir diğer hastalık ise nörolojik hasardır. Parkinson hastalık riskinin belirlendiği bir çalışmada herbisit ve insektisitlere maruziyeti ile aralarında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Leong ve ark., 2020).

Son yıllarda, ülkemizde sürdürülebilir tarım faaliyetlerinin tüm aşamalarında Tarım Sektörü Entegre Yönetim Bilgi Sistemi (TARSEY) projesi uygulanmaktadır. Bu kapsamda, çiftlik hayvanlarına doğal yaşam ortamları sağlamak, tarımsal aktivitelerden kaynaklanan tüm kirlilik formlarını minimize etmek, genetik çeşitliliği sürdürmek, Birleşmiş Milletlerin insan hakları başlığı içeriğine uygun organik üretim yapan çiftçilerin ve çalışanların yaşam kalitesini arttırmak, temel ihtiyaçlarını sağlamak, yenilenebilir kaynak açısından ürünler üretmek ve çevre bilinci olan organik ürün zinciri geliştirmek amaçlanmaktadır. Sürdürülebilir tarım sürdürülebilir kalkınma ile birlikte ele alınmakta olup ülkemizde uygulanan Beş Yıllık Kalkınma Planı ile birlikte üretimde yeterli miktarda kaliteli ürünün ve gıda güvenliğinin sağlanması, üretimde verimliliğin artırılması, çiftçi gelirinde istikrarın sağlanmasıyla üreticinin yaşam standartlarının iyileştirilmesi, ekonomik dengenin sağlanması, dünya ticaret sistemine uyum sağlanarak ihracatın artırılması, doğal kaynakların korunması ile çevre yönetimi ve kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Turhan, 2005; Pezikoğlu, 2006).

Ülkemizde sürdürülebilir tarım uygulamalarının devamlılığı birtakım ulusal ve uluslararası destekli projeler ile sağlanmaktadır. Güneydoğu Anadolu Sulama Projesi, Amasya ili projesi ve ulusal gıda güvencesizliği ve hassasiyet bilgileri ile haritalama sistemlerinin geliştirilmesi projesi gibi önemli uygulamalar Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO-Food and Agriculture Organization) tarafından desteklenen proje örnekleri arasında yer almaktadır (Pezikoğlu, 2006).

Ülkemizde organik ürün üretimine yönelik ulusal çaplı destekler ise 2004 yılından itibaren uygulamaya geçmiştir. Yetkili kurum ve kuruluşların organik tarım işi ile uğraşan çiftçilere verdiği destekler; hazine arazisi kiralama, çevre amaçlı tarımsal arazilerin korunması programı kapsamında üreticilerin desteklenmesi (ÇATAK), toprak analizi yaptırılmasına yönelik destekler ve faiz indirimli tarımsal kredi destekleri bu alanda yapılan başlıca uygulamalar arasında yer almaktadır (Türkan ve Gürçam, 2020).

Organik Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları

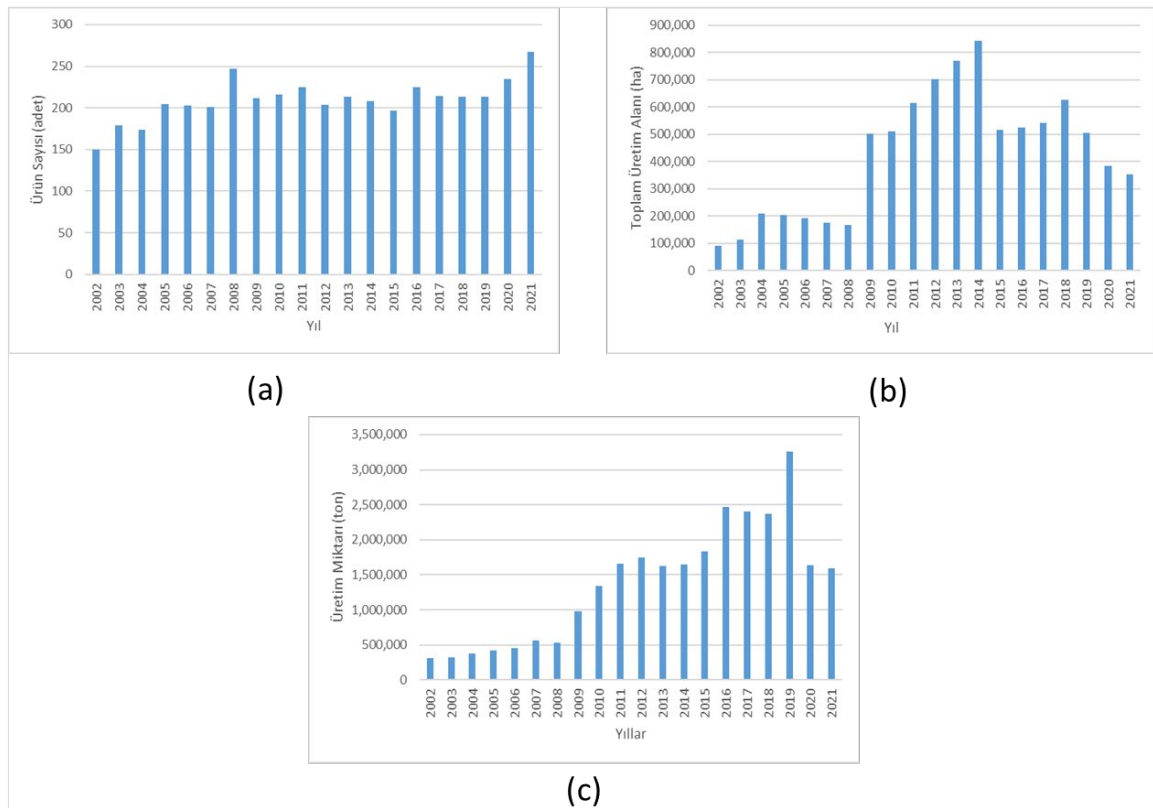
Sürdürülebilir tarım uygulama sistemlerinden organik tarım ve iyi tarım uygulamaları dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan sistemlerdir (Boz ve Kiliç, 2021). Türkiye'de organik tarım Avrupa firmalarının 1984-

1985 üretim sezonunda organik ürün talebi ile artmış ve ülkemizde ihracatı yapılan ilk organik ürün kuru incir ve kuru üzüm ile Ege bölgesinde gerçekleştirilmiştir. 1992 yılında ise organik tarımın sağlıklı ve düzgün işleyişinin sağlanabilmesi için Ekolojik Tarım Organizasyon Derneği (ETO) kurulmuştur. Bunu takiben 2004 yılında ise “Organik Tarım Kanunu” yürürlüğe girmiştir (Kodaş ve Er, 2012; Akkaya, 2018; Yılmaz, 2019; Boz ve Kiliç, 2021).

Organik tarımda; yeşil gübreleme uygulaması, toprak mikrobiotasını, stabilitesini koruyarak ve erozyonu engelleyerek işlemenin yapılması, zararlı mücadelesinde pestisit kullanımını engellemesi veya pestisitlerin doğal kaynaklı olması ve genetiği değiştirilmiş organizma kullanımının yasaklanması ile üretim kalitesinin artırılması ve gıda güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır (Turhan, 2005; Pezikoğlu, 2006; Fagwalawa, 2016; Yılmaz, 2019).

Organik tarımın kullanılan en yaygın tanımı Uluslararası Organik Tarım Hareketi Federasyonu (International Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM) tarafından yapılmış olup “insan sağlığını, ekosistemi ve toprağı koruyan tarım sistemi” şeklinde tanımlamıştır. IFOAM’a göre organik tarım dört temel ilkedен oluşmaktadır. Bunlar; sağlık (toprak, bitki, hayvan, insan sağlığını), ekoloji (toprak), adalet ve özen (gelecek nesiller için sorumlu olarak yönetilen dinamik sistem) (Boz ve Kiliç, 2021).

Ülkemizde organik tarım uygulamaları 2002 yılından günümüze kadar giderek artan yoğunlukta devam etmektedir. Ülkemizde organik tarım verilerinin yıllara göre dağılımı Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Türkiye organik tarım verileri (a) Toplam ürün sayısı (adet) (b) Toplam üretim alanı (ha) (c) Toplam üretim miktarı (ton) (Anonim, 2022b)

Şekil 3 verileri incelendiğinde ülkemizde organik tarımı yapılan toplam ürün sayısının 2002 yılında 150'den 2021 yılında 267'ye, toplam üretim alanının 89.827 ha'dan 351. 919 ha'ya ve toplam üretim miktarının ise 310.125 ton'dan 1.590.086 ton'a yükseldiği belirlenmiştir. Özellikle toplam ürün sayısı verilerinde 2002 yılından 2021 yılına kadar gerçekleşen %78 oranındaki artış bu konuda alınan önlemlerin olumlu sonuçlarını yansıtır niteliktedir. Toplam üretim alanı verileri incelendiğinde ise 2002 yılından 2021 yılına kadar %293 oranında bir artış olduğu dolayısı ile organik tarım üretimi için şartların sağlanmasına yönelik adımların ivme kazandığı görülmektedir. Ürün sayısında ve üretim alanında gerçekleşen bu artışa paralel olarak 2012 yılına kadar üretim miktarında düzenli bir artış olurken 2012'den 2021 yılına kadar ise dalgalanmalar görülmüştür. Üretim miktarındaki bu dalgalanmaların toprak yapısı, nem miktarı, oksijen miktarı, sıcaklık gibi çevresel faktörler, ekonomik faktörler, yetersiz işgücü gibi etkenlerden kaynaklanabileceği öngörülmektedir.

Organik tarım uygulamalarının beraberinde getirdiği önemli avantajlar ile birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Organik tarımın dezavantajları; organik ürün talebinin artışı için tüketicinin yeterli bilgiye sahip olmasını gerektirmesi, organik ürün üretimi yapılan tarım arazisinin yerleşkesinin üretime uygunluğunun sağlanmasını gerektirmesi ve geçiş döneminde maddi kazanç sağlayacak kadar mahsul alınmamasıdır (Kurt, 2006).

Çizelge 2. Organik Tarımın Avantajları

Parametreler	Avantajları
Tarım	Ürün çeşitliliğinin ve kalitesinin yükselmesi ve toprak verimliliğinin korunması Doğal ürün eldesi
Çevre	Kimyasal girdi kullanılmaması ile çevresel zararların indirgenmesi Toprakta organik madde oluşumu üzerine etkisi
Sosya-ekonomik Koşullar	Çalışma koşullarının iyileştirilmesi ile işgücünün artması, gerekli eğitimlerin alınması Doğal kaynakların korunması Ürün çeşitliliğine bağlı olarak ülke içi ve ihracatta daha güçlü bir ekonomi oluşması ve gelirin artması Güvenli gıda eldesi Tarım ürünlerinin belgelendirilmesi ile güvenilirliğinin ve kalitesinin artırılması Ürün ticari değerinin artması ile ihracatının kolaylaştırılması
Ürün	Yüksek verimli ürün eldesi Üründe düşük pestisit kalıntısı Üründe düşük nitrat içeriği Üründe daha yüksek kurumadde, vitamin ve mineral madde (Fe ve Mg) içeriği Üründe daha yüksek fenolik bileşen ve antioksidan madde içeriği

Kaynak: (Turhan, 2005; Lairon, 2010; Yu ve ark., 2018; Kharel ve ark., 2022)

Organik tarım uygulamaları ile birlikte sentetik kimyasal (kimyasal gübre, pestisit vb) kullanımının kaldırılmasıyla çevre kirliliği önlenir, ekolojik denge sağlanır ve insan sağlığı korunur. Ayrıca ekonomik girdilerde de tasarruf sağlamaktadır (Çizelge 2). Bu avantajlarına ek olarak organik ürünlerin ihracatı ile ülkemizin dış pazardan elde edeceği gelir ülke ekonomisine büyük ölçüde katkı sağlamaktadır.

Yapılan çalışmalarda organik ürünlerin besin içeriğinin (vitamin ve mineral madde) konvansiyonel tarım ürünlerine göre daha yüksek olduğu (konvansiyonel ürünlere göre %10-50 arasında daha fazla besin maddesi içeriği) belirlenmiştir (Yılmaz, 2019). Ayrıca organik ürünlerin GDO (genetiği değiştirilmiş organizma), pestisit

ve hormon açısından da güvenli kabul edildiği, organik ürün tüketen kişilerin %0,6 oranında daha az kanser riskine yakalandığı bildirilmiştir (Yılmaz, 2019). Organik tarımın bir diğer avantajı ise; en önemli girdisi olan gübreleme işleminde hayvan gübresi kullanılan organik seralarda yer altı suyuna geçen nitrat miktarının kimyasal gübre kullanılan konvansiyonel seraya göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Organik tarımın konvansiyonel tarıma göre dezavantajı ise ürün veriminin daha düşük olmasıdır. Yapılan çalışmalarda bu oranın %15 ile %25 arasında olduğu belirlenmiştir (Akkaya, 2018; Yılmaz, 2019).

Sürdürülebilir tarım için önemli olan bir diğer uygulama organik tarım ile birlikte ele alınan iyi tarım uygulamasıdır. Euro Retailer Produce Working Group Good Agricultural Practices-Avrupa Perakendecileri Ürün Çalışma Grubu İyi Tarım Uygulamaları (EUREPGAP) gıda güvenliği ve insan sağlığı problemlerinin fazla yaşandığı Avrupa’da 1990’lı yıllarda gündeme gelen bu problemlerin indirgenmesi amacıyla 1999 yılında İyi Tarım Uygulamaları’nın minimum kurallarının standardını belirleyen protokol olarak hazırlanmıştır. 07.09.2007 tarihinde Bangkok’ta yapılan konferansta EUREPGAP standardının ismi ve logosu GLOBALGAP olarak değiştirilmiştir. GLOBALGAP merkezi Almanya’da bulunan FoodPLUS GmbH tarafından yürütülmektedir (Ataseven, 2014). Türkiye’de ise 2003 yılı itibarı ile Avrupa’ya yapılan ihracatlarda bu uygulama uygulanmaktadır. Organik tarımla ilgili ülkemizde ilk düzenleme Antalya Valiliği tarafından 05.01.2004 tarihinde yapılmış olup “2003/7 Nolu Yaş Sebze, Meyve ve Kesme Çiçek Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamaları Kararı” şeklindedir ve ilk yasal düzenleme ise “İyi Tarım Uygulamalarına İlişkin Yönetmelik” 08.09.2004 tarihinde 25577 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; insana, çevreye ve hayvana zarar vermeyen tarım sisteminin uygulanması, doğal kaynakların korunması, tarımda izlenebilirliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması ile güvenilir gıda arzının sağlanmasına yönelik usul ve esasların düzenlenmesidir (Ataseven, 2014).

Çizelge 3. İyi Tarım Uygulamalarının Faydaları

Üreticilere Faydaları	<ul style="list-style-type: none">▪ Kaliteli ve güvenilir gıda üretimi ile pazardaki rekabet gücü artar.▪ Artan rekabet gücü ile pazarda daha etkin rol oynar.▪ Ürün kalitesinden dolayı tüccar ve perakendecilerle daha kolay anlaşma sağlanmasına olanak verir.▪ İş gücünü azaltır.▪ Enerji girdisini (makine, elektrik, mazot, sulama) azaltır.▪ Verimi artırır.
Tüketicilere Faydaları	<ul style="list-style-type: none">▪ Gıda güvenliğinin ön planda tutulması ile insan sağlığı korunur.▪ Ürünün izlenebilirliği sağlanır.▪ Ürünün kalitesi ve güvenliğinden dolayı tüketicisinde güveni kazanılır.▪ Tüketicinin günlük diyetinde alması gereken besinsel maddelerin karşılanması sağlanır.
Tüccar ve Perakendecilere Faydaları	<ul style="list-style-type: none">▪ Gıda güvenliği sağlanır ve insan sağlığı önplandadır.▪ Tüketicinin güveni kazanılır.
Tarıma Faydaları	<ul style="list-style-type: none">▪ Doğal kaynakların korunması ile çevresel zararlar indirgenir.▪ Tarım çalışanlarının sağlık riski indirgenir.▪ Yasal düzenlemelerle birlikte planlı ve güvenli üretim yapılır.▪ Toprak karbon miktarını artırır.▪ Toprak erozyonunu azaltır.
İhracatçıya Faydaları	<ul style="list-style-type: none">▪ Gıdada kalite kayıpları önlenir.▪ Ürün kalitesi ve çeşitliliği artmasıyla daha geniş pazara ulaşım sağlanır.▪ Ürünün izlenebilirliğinin sağlanması ve insan sağlığı için risklerin azaltılması ile daha fazla gelir elde ederler.

Kaynak: (Ataseven, 2014; Kharel ve ark., 2022)

İyi tarım uygulamaları Çizelge 3’de de belirtildiği üzere gıda kalitesini arttırarak insan sağlığının ve gıda güvenliğinin üst seviyede tutulmasını sağlamaktadır. Ayrıca doğal kaynakların kullanımının sınırlandırılmasını dolayısı ile gelecek nesillere sürdürülebilir bir çevre bırakılmasını, üretimde kalite kayıplarını indirgeyerek üreticinin rekabet gücünün arttırılmasını ve ürünlerin daha geniş bir pazar alanına daha etkin katılımına olanak sağlamaktadır. Ülkemizde 2007-2021 yılı iyi tarım uygulama faaliyetleri incelendiğinde üretici sayısının 15 kat, üretim alanının 72 kat ve üretim miktarının 110 kat arttığı bildirilmiştir (Anonim, 2022a).

Çizelge 4: 2007-2021 İyi Tarım Göstergeleri

Yıllar	İl Sayısı	Üretici Sayısı	Üretim Alanı (Ha)	Üretim Miktarı (Ton)
2007	18	651	5.361	6.000
2021	63	10.265	389.485	6.162.544

Kaynak: (Anonim, 2022a)

Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Güvenliği

Beslenme yaşam döngüsünün sürdürülebilmesi için gıdalardan vücudumuz için gerekli olan enerjinin ve besin öğelerinin karşılanması açısından önem arz etmektedir. Beslenmenin bir diğer önemi ise insanların fiziksel ve ruhsal gelişimine katkıda bulunmaktır. Besin sisteminin sürdürülebilir olması (erişimi kolay, fiyatı uygun, yeterli miktarda, güvenli ve sağlıklı olması) da önem taşımaktadır (Yüksel ve Özkul, 2021). Dolayısıyla gıda güvenliğinin ön planda tutulduğu sağlıklı ve kaliteli beslenme insan yaşamı için temel gereksinimlerden biridir. Gıda güvenliği tarladan çatala kadar olan süreçte gıdaların işlenmesinden tüketimine kadar prosesin her aşamasında hijyen ve sanitasyonun sağlanması ile insan sağlığına zarar verecek tüm risklerin önlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nun tanımıyla gıda güvenliği “insanların günlük yaşamında aktif ve sağlıklı bir yaşam tarzı sürdürebilmeleri için besinsel ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılayabilecek yeterli miktarda, besleyici ve güvenilir gıdaya hem ekonomik olarak hem de fiziksel olarak ulaşabilmesi” dir. Gıda güvencesi ise güvenli ve besleyici gıdaya gerekli zamanda ve yeterli erişime sahip olma durumu olup gıda güvenliği ile bağlantılıdır. Dünya nüfusunun hızla artışı, ekonomik yetersizlik, eğitim yetersizliği ve çevre kirliliğinin artışı güvenli gıda teminini zorlaştırmaktadır. Tarladan çatala kadar olan bu süreçte gıda güvenliğini tehdit eden başlıca unsurlar; fiziksel (cam kırıkları, taş, toprak, tahta, metal, sinek, böcek), kimyasal ve biyolojik (bileşimdeki zehirli kimyasal maddeler, gıdaya dışarıdan bulaşan veya yanlış depolama ile çoğalan mikroorganizmalar, genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar) tehlikeler olarak gruplandırılmaktadır. Kimyasal tehlikeler çevresel atıklardan bulaşan metaller, dioksinler, tarım ilaçları, gıda ambalajından bulaşan kimyasallar, pestisitler ve veterinerlik ilaçları kalıntıları olup tarımsal üretim sürecinde güvenilir gıda üretimi ve insan sağlığı için dikkat edilmesi gereken başlıca hususlardır. Tüm bunların doğrultusunda çevre dostu, sağlıklı, güvenilir ve besleyici gıdaya olan taleplerin artışı ile birlikte dünyada ve ülkemizde sürdürülebilir tarım uygulamaları (organik tarım uygulamaları ve iyi tarım uygulamaları) önem

kazanmıştır. Sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla yoğun miktarda kullanılan kimyasal girdilerin indirgenmesi ile hem çevre dostu üretim hem de kaliteli güvenilir ve sağlıklı gıda üretimi ile günümüz ve gelecek nesiller için avantaj sağlanmaktadır (Erkmen, 2010; Türközü ve Karabudak, 2014; Karabal, 2019).

Sürdürülebilir Tarım, Gıda Güvenliği ve Beslenme İlişkisi

Dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyar olacağı dolayısıyla yeterli ve güvenli gıdaya erişim olmak üzere iki türlü beslenme sorununun giderek artacağı öngörülmektedir. Günümüzde artan nüfusun gıda talebini karşılama adına tarımda konvansiyonel üretim metodu ile birlikte gıdaların besin değeri düşmüş, tarım ilaçları ve gübre kirliliği ile gıda güvencesi ve insan sağlığı tehlike altına girmiştir (Koca ve Somuncu, 2021).

Doğaya dönüş” sloganı ile birlikte günümüzde artan sağlıklı kalma bilinci, sağlıklı ve doğal gıdalara olan ilgiyi ve satın alma eylemini de beraberinde getirmiştir. Tüketici grubun artan eğitim seviyesi, bilgiye kolay ulaşım sağlanması ve çevresel bilincin gelişmesi organik gıdalara olan yönelimi de arttırmıştır (Ustaahmetoğlu ve Toklu, 2015). Organik tarım ve sürdürülebilir tarım kontrollü ve sertifikalı üretim olması nedeniyle sağlıklı ve güvenilir gıdaya ulaşmanın en doğru yoludur. Organik gıdaların besin değeri açısından (kurumadde, aminoasit kalitesi, fenolik bileşen, çoklu doymamış yağ asidi, antosiyanin ve esansiyel organik bileşenler) konvansiyonel tarıma göre zengin olması hem beslenme hem de sağlık için önem arz etmektedir. Gıda güvenliğinin ön planda tutulduğu organik tarımla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde konvansiyonel tarımda kullanılan gübre ile organik tarımda kullanılan yeşil gübrenin farklı besin içeriğinden (demir, potasyum, azot ve fosfor) dolayı organik tarımla üretilen gıdaların daha fazla çoklu doymamış yağ asidi içerdiği, organik üretilen zeytinden elde edilen sızma zeytinyağındaki oleik asit miktarının daha fazla olduğu bildirilmiştir. Organik üretilen buğdaylarda ise protein miktarının ve temel aminoasitlerin kalitesinin konvansiyonel tarıma göre daha yüksek seviyede olduğu literatürde mevcuttur. Organik gıda ile beslenen ineklerden alınan süt örneklerinde ise daha yüksek miktarda linoleik asit ve omega-3 yağ asidi içeriği tespit edilmiştir. Literatürde organik yöntemlerle yetiştirilen domateslerin P ve Ca içeriği açısından daha zengin oluşu dolayısıyla günlük diyetle tüketilmesi ile vücuda alınan mineral madde içeriğinin de arttığı mevcuttur. Patates, havuç, marul, pancar, lahana, pırasa, turp ve domatesin organik yöntemlerle yetiştirilmesi ile Mg, Fe, Ca ve P içeriğinin arttığı ve N içeriğinin azaldığı yapılan çalışmalarda mevcut olup bu bilgiyi destekler niteliktedir (Demir ve ark., 2003; Huber ve ark., 2011; Akan ve Yanmaz, 2015; Baydan ve ark., 2016). Organik ve geleneksel yöntemlerle üretilen pirinçte toplam mineral madde miktarının incelendiği bir çalışmada organik üretilen gıdalarda daha yüksek iken mercimekte geleneksel metod ile üretilen üründe daha yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca azot ve protein miktarının organik yeşil mercimekte geleneksel yöntemle üretilene göre daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Atasay ve Türemiş, 2008). Organik ve konvansiyonel tarımın mineral madde bakımından karşılaştırıldığı bir çalışmada tatlı patateslerin konvansiyonel ve organik tarım için sırasıyla Ca miktarının 23.5 ve 40.7 mg/100g, Cu miktarının 0.082 ve 0.159 mg/100g, Fe miktarının 0.303 ve 0.481 mg/100g, K miktarının 197 ve 381 mg/100g, Mg miktarının 166 ve 35.7 mg/100g, Mn miktarının 0.183 ve 1.15 mg/100g, Na miktarının 68.6 ve 0.433 mg/100, P miktarının 54.1 ve 62.2 mg/100g ve Zn miktarının 0.197 ve 0.261 mg/100g olduğu ve mineral madde miktarında artış olduğu tespit edilmiştir (dos Santos ve ark., 2019).

İnsan beslenmesinde temel besin maddesi olan zeytinin toplam protein (organik zeytinde %2.01-6.35 ve konvensiyonel zeytinde %1.85-4.78), yağ (organik zeytinde %15.77-49.78 ve konvensiyonel zeytinde 16.05-41.50), mineral madde (organik zeytinde %3.94 ve konvensiyonel zeytinde %3.67) ve toplam fenolik madde içeriğinin (organik zeytinde 259.19 mg GAE/100 g ve konvensiyonel zeytinde 211.37 mg GAE/100g) organik yetiştirme metodu ile artış gösterdiği yapılan çalışmada bildirilmiştir (Küçükyaşar ve Pazır, 2019). Başka bir çalışmada ise organik tarım ürünlerinin %94-100 oranında daha az pestisit kalıntısı ve % 50 oranında daha az nitrat içerdiği ve daha fazla kurumadde, mineral madde (Fe ve Mg), fenolik bileşenler ve salisilik asit gibi antioksidan madde içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Lairon, 2010). Yu ve ark., (2018) ise yapmış oldukları çalışmada organik ürünlerin kimyasal gübre kullanımının olmamasından dolayı bitkinin su absorpsiyonuna daha az ihtiyaç duymasıyla kurumadde miktarının daha fazla olduğu (konvensiyonel ve organik üretimde armut için kurumadde miktarı sırasıyla %11.2 ve %12 ve frenk üzümü için kurumadde miktarı sırasıyla %12.6 ve %15.2) belirlenmiştir. Proteinlerin insan sağlığı için en önemli özelliklerinde biride içermiş olduğu esansiyel aminoasit miktarı ve sindirilebilirliğidir. Yaptıkları çalışmada konvensiyonel ve organik metotlarla üretilen buğday ununun protein miktarının organik üründe daha az olduğu ancak protein sindirilebilirliğinin daha yüksek olduğu (konvensiyonelde %2.9 ve organikte %5.1) bildirilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin sağlığımız açısından birçok yararı mevcuttur. Organik sütün konjuge linoleil asit, linolenik asit, trans 11-asit ve trans-18-oktadesenoik asit gibi daha fazla yağ asiti içeriğine sahip olduğu çalışmada ayrıca bildirilmiştir. Antioksidan bileşen olan karatenoid ve lutein kanser önleyici ve osteoperoz önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışmada organik biberin konvensiyonel tarıma göre daha fazla β-karoten ve lutein içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Organik yumurtada ise Zn, Co, Cr içeriğinin ve yumurta beyazında Se, Zn, Mn, Cu ve Cr içeriğinin daha fazla olduğu da belirlenmiştir (Yu ve ark., 2018).

Organik gıda tüketimiyle mineral maddeye ek olarak vitamin içeriğindeki artış da önem arz etmektedir. Özellikle C vitamini açısından organik patates ve yeşil yapraklı sebzelerin %50 oranında daha fazla içeriğe sahiptir. Yapılan bir çalışmada organik domatesin ve tatlı biberin konvensiyonel tarıma göre daha fazla C vitamini içeriğine sahip olduğu (konvensiyonel ve organik tarım için sırasıyla domateste %19 ve %21, tatlı biberde %72 ve %131.7 oranında) bildirilmiştir (Yu ve ark., 2018). Antioksidan bileşen olması ile vücutta serbest radikalleri nötralize edilmesine yardımcı olarak kanser önleme gücü yüksek olan beta karoten miktarının ise organik kırmızı biber, havuç ve domatesde daha fazla olduğu literatürde mevcuttur. Sağlık ve beslenme açısından tüm bunlara ek olarak organik gıdaların %50 oranında daha az nitrat, %94-100 oranında daha az pestisit kalıntısı içermesi de önemli parametreler arasındadır. Dolayısı ile organik gıda tüketimi ile vücuda daha fazla antioksidan madde ve besin elementi girmesiyle alerji riski, antimutajenik ve antioksidan etki mekanizması ile kanser riski azalmaktadır (Demir ve ark., 2003; Atasay ve Türemiş, 2008; Huber ve ark., 2011; Akan ve Yanmaz, 2015; Baydan ve ark., 2016).

Yüksek besin değeri nedeniyle Asya ülkelerinde gıda ve gıda katkı maddesi, alternatif tıp gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılan hünnap meyvesinin antikanser, antiinflamatuvar, hepatoprotektif, bağışıklık uyarıcı etkisi yüksektir. Yapılan bir çalışmada organik yöntemle üretilen hünnap meyvesinin sakaroz, glikoz, fruktoz içeriğinin konvensiyonel üretilene göre daha yüksek olduğu (konvensiyonel ve organik üretimde sırasıyla

sakkaroz 7.04 ve 8.82 g/100g, glikoz 5.71 ve 7.43 g/100g ve fruktoz 5.71 ve 7.43 g/100g) tespit edilmiş olup organik hünnap meyvesinin lezzet açısından daha tatlı olduğu toplam fenolik madde miktarının ise meyve kabuğunda organik tarımla üretilende daha yüksek olduğu (konvensiyol ve organik tarım için sırasıyla 433.7 ve 452.2 mg GAE/100 g) tespit edilmiştir (Reche ve ark., 2019).

Sürdürülebilir tarımın verim açısından incelendiği bir çalışmada iyi tarım uygulanan meyve bahçesinde ürün veriminin %27.5 oranında ve elde edilen gelirin %100 oranında arttığı bildirilmiştir. Ayrıca yapılan çalışma sonucunda iyi tarım uygulaması ile birlikte mahsul veriminin %36'ya kadar çıktığı ve elde edilen geliri olumlu yönde etkilediği de belirlenmiştir (Kharel ve ark., 2022). Tarımın gizli açlıkla mücadelesinde sürdürülebilir tarımsal uygulamalar meyve sebzeleri güçlendirmenin en kolay yoludur (Jaiswal, 2022). Kimyasal gübre yerine organik gübre kaynaklarının kullanıldığı (inek, koyun, kümes hayvanları gübresi) bir çalışmada bamyanın büyüme ve verimi üzerine etkisinin boyunun %30.40 oranında ve taze meyve ağırlığının ise %125.66 oranında artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Fagwalawa, 2016).

Sonuç ve Öneriler

Gelecek nesillere yaşam döngüsü içinde gereksinimlerini karşılayabilmeleri için; doğal kaynakların korunması, erozyonun ve orman yangınlarının önlenmesinde entegre ilaç yönetimi, tarım arazilerinin verimliliğinin artırılması ve gıda güvenliğinin sağlanması sürdürülebilir bir tarım ve yaşam için önemli konulardır. Türkiye iklim çeşitliliği, toprak yapısı ve çeşitliliği ve su kaynakları bakımından geniş bir coğrafyaya sahip olup sürdürülebilir tarım için (organik tarım ve iyi tarım uygulamaları) elverişli bir ülkedir. Ülkemizde organik tarım verilerindeki artış değerleri (organik ürün üreten işletmecisi sayısında 3.6 ve üretim alanında 3.7 kat) bunu desteklemektedir. Bununla birlikte, ülkemizde organik tarımın daha da güçlendirilmesi için bölgelerimizde konvansiyonel tarımla üretimi sağlanan ürünlerin organik üretimine geçilmeli ve ürün çeşitliliği daha da artırılmalıdır. Bu noktada, özellikle çiftçilerimizin bilinçlendirilmesi, verilecek destek miktarlarının artırılması ve denetimlerin yaptırımlar ile desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca üretimin ihracata bağlı kalmaksızın devamlılığı adına iç piyasadaki talep ve arzın artması için perakendecilerdeki organik ürün sayısı ve miktarı artırılmalı, il merkezlerinde ve taşrada yerel organik pazarlar kurulmalı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ziraat Fakülteleri, sivil toplum kuruluşları ve çiftçi örgütleri ile iş birlikleri sağlanmalıdır.

Teşekkür Bilgi Notu

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makalenin bilimsel, etik ve hukuki sorumluluğu bütünüyle biz yazarlara aittir. Makalenin yayımlanması ile ilgili olarak, yazarlar arasında bir çıkar çatışması olmadığını ve olması durumunda bunun muhtemel sonuçlarını bildiğimizi beyan ve kabul ederiz. Yazarlar tüm makaleyi birlikte hazırlamışlardır.

Kaynakça

- Akan, S., Yanmaz, R. 2015. Organik Gıdaların Besin Kalitesi Ve İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi. Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, 6-9 Ekim, Rize, 378-386.
- Akkaya, A. 2018. Organik Buğday Tarımı Ülkemizde Hangi Koşullarda Daha Uygun Alternatif Olabilir. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 21(1): 66-70.
- Anonim 2022a. Bitkisel Üretim-İyi Tarım Uygulamaları İstatistikleri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Iyi-Tarim-Uygulamaları/Istatistikler> (Erişim tarihi: 20.12.2022).
- Anonim 2022b. Organik Tarımda Genel Bitkisel Üretim Verileri (geçiş dahil). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler> (Erişim tarihi: 01.06.2022).
- Anonim 2022c. Resmi Tarımsal İlaç İstatistikleri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Menu/115/Resmi-Tarimsal-Ilac-Istatistikleri> (Erişim tarihi: 201.12.2022).
- Atasay, A. ve Türemiş, N., 2008. Eğirdir (Isparta) Koşullarında Organik Çilek Yetiştiriciliğinin Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(3):72-81.
- Ataseven, Y. 2014. Türkiye’de İyi Tarım Uygulamaları’na Yönelik Politikalardaki Gelişmeler. XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5 Eylül Bildiri Özetleri Kitabı-Sözel Bildiriler, s:8.
- Aydın Eryılmaz, G., Kılıç, O. 2018. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 21(4):624-631.
- Baydan, E., Küçükersan, S., Yurdakök Dikmen, B., Gönül Aydın, F., Sevin, S., Arslanbaş, E., & Çetinkaya, M. A. 2016. Comparison of nutritional composition (moisture, ash, crude protein, nitrogen) and safety (aflatoxin, nitrate/nitrite) of organic and conventional rice and lentil samples consumed in Ankara. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 63(4), 365-370. https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002754.
- Boz, İ., Kiliç, O. 2021. Türkiye’de Organik Tarımın Gelişmesi İçin Alınması Gereken Önlemler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(3):390-400.
- Çukur, T., Isin, F. 2008. İzmir İli Torbalı İlçesinde Sanayi Domatesi Üreticilerinin Tarımın Çok Fonksiyonluluğu Kavramına Bakış Açıları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45, 185-194.
- Demir, H., Topuz, A., Gölükcü, M., Polat, E., Feramuz Özdemir, & Şahin, H. 2003. Ekolojik Üretimde Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Domatesin Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 19-25.
- dos Santos, A. M. P., Lima, J. S., dos Santos, I. F., Silva, E. F. R., de Santana, F. A., de Araujo, D. G. G. R., dos Santos, L. O. 2019. Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars

- sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) using chemometric tools. *Food Chemistry*, 273, 166-171. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.063>
- Erkmen, O. 2010. Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*. 53(3): 220-235.
- Gyawali, K. 2018. Pesticide Uses and its Effects on Public Health and Environment. *Journal of Health Promotion*, 6, 28-36. <https://doi.org/10.3126/jhp.v6i0.21801>.
- Fagwalawa, L.D., Yayaha, S.M. 2016. Effect Organic Manure On The Growth And Yield Of Okra. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 2(3), 130-133. ISSN: 2454-1362.
- Haspolat, N. A. 2015. Gıda Güvenliğinde Sürdürülebilir Gıda Sistemleri. AB Uzmanlık Tezi. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü
- Huber, M., Rembiałkowska, E., Średnicka, D., Bügel, S., Van de Vijver, L. P. L. 2011. Organic food and impact on human health: Assessing the *status quo* and prospects of research. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(3-4), 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2011.01.004>.
- Jaiswal, D. K., Krishna, R., Chouhan, G. K., de Araujo Pereira, A. P., Ade, A. B., Prakash, S., Verma, S. K., Prasad, R., Yadav, J., Verma, J. P. 2022. Bio-fortification of minerals in crops: Current scenario and future prospects for sustainable agriculture and human health. *Plant Growth Regulation*, 98(1), 5-22. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00847-4>.
- Kharel, M., Dahal, B. M., Raut, N. 2022. Good agriculture practices for safe food and sustainable agriculture in Nepal: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100447>
- Karabal, A. 2019. Gıda Mevzuatı ve Gıda Güvenliği. *International Journal of Social And Humanities Sciences (IJSHS)*, 3(1), 179-198.
- Karaca, C. 2013. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım Politikaları: Tarım Sektöründe Atıl ve Yenilenebilir Enerji Kaynakların Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 19(1): 1-11.
- Kılıç, O., Boz, İ., Eryılmaz, G. A. 2020. Comparison of conventional and good agricultural practices farms: A socio-economic and technical perspective. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120666. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120666>.
- Koca, R., Somuncu, M. 2021. Gıda Güvencesi Konusunda Türkiye İçin Bir Değerlendirme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 8(2): 1-11.
- Kodaş, R., Er, C. 2012. Tahıllarda Organik Yetiştiricilik. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 26(1):103-116.
- Kurt, Z. 2006. Organik Tarım Ürünleri Pazarlaması ve Uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Pazarlama Programı.
- Küçükyaşar, S., Pazır, F. 2019. Organik ve Konvansiyonel Memecik Çeşidi Yeşil Zeytinler Arasındaki Fiziksel, Kimyasal ve Pomolojik Özellikler Açısından Farklılıklar. *Akademik Gıda*, 47-54. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.544071>.

- Lairon, D. 2010. Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 33-41. <https://doi.org/10.1051/agro/2009019>.
- Lampridi, M., Sørensen, C., and Bochtis, D. 2019. Agricultural Sustainability: A Review of Concepts and Methods. *Sustainability*, 11(18):5120,1-27.
- Leong, W.-H., Teh, S.-Y., Hossain, M. M., Nadarajaw, T., Zabidi-Hussin, Z., Chin, S.-Y., Lai, K.-S., Lim, S.-H. E. 2020. Application, monitoring and adverse effects in pesticide use: The importance of reinforcement of Good Agricultural Practices (GAPs). *Journal of Environmental Management*, 260, 109987. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109987>.
- Lin, S., Chen, X., Chen, H., Cai, X., Chen, X., Wang, S. 2022. The Bioprospecting of Microbial-Derived Antimicrobial Peptides for Sustainable Agriculture. *Engineering*, S2095809922006749. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.08.011>.
- Pezikoğlu, F. 2006. Türkiye’de sürdürülebilir tarım uygulamaları ve yönlendirilmesi için gerekli politikaların belirlenmesi. Doktora Tezi. T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.
- Reche, J., Hernández, F., Almansa, M. S., Carbonell-Barrachina, Á. A., Legua, P., Amorós, A. 2019. Effects of organic and conventional farming on the physicochemical and functional properties of jujube fruit. *LWT*, 99, 438-444. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.012>.
- Turhan, Ş. 2005. Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 11(1): 13 – 24.
- Türkan, M., Gürçam, Ö. S. 2020. Organik Tarım Destekleri: Türkiye Özelinde Bir Araştırma. *Iğdır Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 5: 59-72.
- Türküzü, D., Karabudak, E. 2014. Organik Gıdaların Besin Değeri, Gıda Güvenliği ve Lezzet Açısından Değerlendirilmesi. *Gıda*. 39(2), 119-126.
- Ustaahmetoğlu, E., Toklu, İ. T. 2015. Organik Gıda Satın Alma Niyetinde Tutum, Sağlık Bilinci ve Gıda Güvenliğinin Etkisi Üzerine Bir Araştırma. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 11(1): 197-211.
- Yılmaz, D. S. 2019. Organik Tarım Tartışması: Bir Literatür İncelemesi. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(1): 52-74.
- Yu, X., Guo, L., Jiang, G., Song, Y., Muminov, M. A. 2018. Advances of organic products over conventional productions with respect to nutritional quality and food security. *Acta Ecologica Sinica*, 38(1), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.01.009>
- Yüksel, A., Özkul, E. 2021. Sürdürülebilir Diyet Modellerinin Değerlendirilmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 35(2): 467-481.
- Zeweld, W., Van Huylenbroeck, G., Tesfay, G., Azadi, H., Speelman, S. 2020. Sustainable agricultural practices, environmental risk mitigation and livelihood improvements: Empirical evidence from Northern Ethiopia. *Land Use Policy*, 95, 103799. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.002>



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

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

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

Amaç

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

Kapsam

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi eski adıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Haziran ve Aralık olmak üzere yılda iki sayı olarak basılan hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir. Dergi; bahçe bitkileri, bitki koruma, biyoenerji, biyosistem mühendisliği, doğal kaynaklar, genetik, gıda mühendisliği, gıda bilimi ve teknolojisi, peyzaj, süs bitkileri ve doğa koruma, su ürünleri ve balıkçılık, süt teknolojisi, tarım ekonomisi, tarım 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 Uludag 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 yayın etiği kapsamında aşağıda belirtilen etik sorumlulukları taşımasını beklemektedir.

Aşağıda yer alan etik görev ve sorumluluklar, açık erişim olarak Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından yayınlanan rehberler ve politikalar ile YÖK bilimsel araştırma ve yayın etiği yönergesi dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Hakemli dergide yayın ilkeleri ile ilgili tüm taraflardan (yazar, dergi editörü, hakem ve 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, metotlarını, verilerini, uygulamalarını, yazılarını, şekillerini veya eserlerini sahiplerine bilimsel kurallara uygun biçimde atıf yapmadan kısmen veya tamamen kendi eseriymiş gibi sunmak,
- b) Sahtecilik: Araştırmaya dayanmayan veriler üretmek, sunulan veya yayınlanan eseri gerçek olmayan verilere dayandırarak düzenlemek veya değiştirmek, bunları rapor etmek veya yayımlamak, yapılmamış bir araştırmayı yapılmış gibi göstermek,
- c) Çarpıtma: Araştırma kayıtları ve elde edilen verileri tahrif etmek, araştırmada kullanılmayan yöntem, cihaz ve materyalleri kullanılmış gibi göstermek, ilgili teori veya varsayımlara uydurmak için veriler ve/veya sonuçlarla oynamak, destek alınan kişi ve kuruluşların çıkarları doğrultusunda araştırma sonuçlarını tahrif etmek veya şekillendirmek,
- ç) Tekrar yayım: Bir araştırmanın aynı sonuçlarını içeren birden fazla eseri ayrı eserler olarak sunmak,
- d) Dilimleme: Bir araştırmanın sonuçlarını araştırmanın bütünlüğünü bozacak şekilde, uygun olmayan biçimde parçalara ayırarak ve birbirine atıf yapmadan çok sayıda yayın yaparak ayrı eserler olarak sunmak,
- e) Haksız yazarlık: Aktif katkısı olmayan kişileri yazarlar arasına dâhil etmek, aktif katkısı olan kişileri yazarlar arasına dâhil etmemek, yazar sıralamasını gerekçesiz ve uygun olmayan bir biçimde değiştirmek, aktif katkısı olanların isimlerini yayım sırasında veya sonraki baskılarda eserden çıkarmak, aktif katkısı olmadığı halde nüfuzunu kullanarak ismini yazarlar arasına dâhil ettirmek,
- f) Diğer etik ihlali türleri: Destek alınarak yürütülen araştırmaların yayınlarında destek veren kişi, kurum veya kuruluşlar ile onların araştırmadaki katkılarını açık bir biçimde belirtmemek, insan ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda etik kurallara uymamak, yayınlarında hasta haklarına saygı göstermemek, hakem olarak incelemek üzere görevlendirildiği bir eserde yer alan bilgileri yayınlanmadan önce başkalarıyla paylaşmak, bilimsel araştırma için sağlanan veya ayrılan kaynakları, mekânları, imkânları ve cihazları amaç dışı kullanmak, tamamen dayanaksız, yersiz ve kasıtlı etik ihlali suçlamasında bulunmak (YÖK Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi, Madde 8).

Hakemlerin Sorumlulukları

Hakemlik süreci, bilimsel akademik yayıncılığın başarısında önemli bir konumda bulunmaktadır. Hakemler bu sürecin sağlıklı yürütülebilmesi ve iyileştirilmesine gayret göstermelidir.

Hakemler araştırmayla, yazarlarla ve/veya araştırma fon sağlayıcılar ile çıkar çatışması/çakışması içerisinde olmamalıdır.

Değerlendirmeleri tarafsız olmalıdır.

Değerlendirilen makaleler hakem tarafından gizli tutulmalıdır.

Editörün Sorumlulukları

Editörler bir makaleyi kabul etmek ya da reddetmek için tüm sorumluluğa ve yetkiye sahiptir.

Editörler kabul ettiği ya da reddettiği makaleler ile ilgili çıkar çatışması/çakışması içerisinde olmamalıdır.

Sadece alana katkı sağlayacak makaleler kabul edilmelidir.

Hakemlerin ismini değerlendirme tamamlanana kadar saklı tutmalıdır.

Makalenin yayımlanmasından sonra herhangi bir araştırmacı tarafından bilimsel hata tespit edildiğinde ilgili düzeltme/düzeltilmelerin yayımlanmasını ya da geri çekilmesini desteklemelidir.

Yayımcının 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 yayımlamak 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 gerektirmediğı 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 diğeri 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 gereğı 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 belirtmeli 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 atfı 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 atfı sıralamalarına göre adres bilgileri, e-posta ve OrcID bilgilerine yer verilmelidir.

Bir sonraki alt satırda ise makaleye yapılacak atfı bilgilerine; “(Atfı/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 Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

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

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

Aim

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

Scope

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

Publication Policy

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 Uludag University. Authors are responsible for the scientific content of the article to be published. No royalty is paid to the authors. Only two manuscripts of the same first author are allowed to be published in the same issue. Articles cannot be published or presented somewhere else without our journal permission. Some or all of the articles cannot be used without cited to our journal.

In the articles to be published in our journal; **it is important to refer to at least one publication** published in the previous issues of the journal. The title of the journal should be cited as “**Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.**”

Evaluation Process

The submitted manuscript for publication is taken into consideration by the editor in accordance with the principles of publication. In case of finding not qualified to publish it in the journal, the editor has the right to make a decision to return the articles to the author / authors without sending to the referees. Papers should be written with fluent English without any grammatical and typographical errors. Manuscripts with any of those errors will be rejected and sent to the authors for corrections before submission and review. The journal uses double-blind system for peer-review; both reviewers and authors' identities remain anonymous. The paper will be peer-reviewed at least by two reviewers and one editor from the journal. The authors should upload the corrected manuscript with correction form and answers to the reviewers' comments immediately after receiving the comments. The Editor is the ultimate decision-maker for the publication of the manuscript, taking into account the referee reports and / or the adequacy of the requested corrections. Before the publication of the manuscript, the manuscript is edited and sent to the author for the final check. After the final check of the article, the author signs the request for pre-printing by signing the request and confirmation form. Print errors as a result of incorrect control are the responsibility of the authors. The evaluation process of the article takes approximately 3-4 months. The duration of the process; It may vary according to the referee evaluations, the responses of the authors to the referees and the response time and the referees' request to see the corrections again. The completed works are published within the article limits that should be in the issue of the journal, considering the date of acceptance.

Plagiarism Percentage

Articles that have been submitted to the journal must have been scanned with the plagiarism program (iThenticate Plagiarism Detection Software) (<http://www.ithenticate.com>) before being included in the review process. As a result of the screening, except for the References section, articles with a similarity rate of 20% and below are accepted to the application. It is necessary to upload the iThenticate report to the system along with the article application for the evaluation process. 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).

