



**ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ**

ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Cilt (Volume) : 17

Sayı (Number) : 2

Yıl (Year) : 2022



The Journal of Agriculture Faculty



**ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ**

**ISSN : 1304-9984
e-ISSN : 2687-3419**



ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ Ziraat Fakültesi Dergisi

Cilt 17, Sayı 2, Yıl 2022

Isparta University of Applied Sciences Journal of the Faculty of Agriculture

Volume 17, Issue 2, Year 2022

ISSN: 1304-9984 | e-ISSN: 2687-3419

Bu dergi, aşağıda listelenen veri tabanları tarafından taranmaktadır / This journal is indexed by the following abstracting and indexing databases
Crossref, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Google Scholar, Academic Resource Index, Directory of Open Access
Scholarly Resources (ROAD), Sobiad, Base, FAO Agris, Academic Researches Index

DERGİ HAKKINDA

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi yayıncı kimliği ile yayına başlayan ve 2019 yılından itibaren Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi yayıncı kimliği ile yayınlanmaya devam ulusal ve uluslararası bilimsel araştırma dergisidir. Ziraat Fakültesi Dergisi, tarım bilimleri konularında bilim ve teknolojiye gelişmelerin takip edilmesi, katkıda bulunulması ve ülkenin hızlı ve sürdürülebilir kalkınma çabalarını güçlendirilmesi amaçlanmaktadır. Dergide tarım bilimi, biyoloji, orman, gıda, genetik ve çevre bilim dalları ile ilgili alanlarında özgün araştırmalar düzenli olarak yılda iki sayı yayımlanan ulusal-uluslararası hakemli-indeksli bir dergidir. Yayımlanmak üzere gönderilen bütün makaleler; hakemler ve editörler tarafından değerlendirilir. Özgün araştırma makaleleri isteğe bağlı olarak Türkçe veya İngilizce yazılır. İngilizce dilinde yazılmış özgün araştırma makaleleri yayımlanma önceliğine sahiptir. Dergiye yayımlanmak için gönderilen makalelerden herhangi bir değerlendirme ve başvuru ücreti alınmamaktadır.

ABOUT THE JOURNAL

Isparta University of Applied Sciences Journal of the Faculty of Agriculture is national and international scientific research journal that started its publication in 2006 under Süleyman Demirel University and continues to be published with the publisher identity of Isparta University of Applied Sciences since 2019. The Journal of the Faculty of Agriculture aims to follow the developments in science and technology related to agricultural sciences, to contribute and to strengthen the country's rapid and sustainable development endeavors. The journal is a national-international refereed-indexed journal that publishes original research in fields related to agricultural science, biology, forestry, food, genetics and environmental sciences regularly and published twice a year. Articles submitted to the journal publication are evaluated by referees, publication board and editors. Original research articles are optionally written in Turkish or English. Original research articles written in English language have priority for publication. There are no submission fees, publication fees or page charges for Journal of the Faculty of Agriculture.



Directory of
Research Journal
Indexing



ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

İMTİYAZ SAHİBİ

Prof. Dr. **Mevlüt GÜL**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Adına (Dekan)

BAŞ EDITÖR

Prof. Dr. **Burhan KARA**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

YARDIMCI EDITÖR

Arş. Gör. **Sercan ÖNDER**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

EDİTÖRLER

Prof. Dr. **Vecdi DEMİRCAN**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. **Hülya GÜL**
Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. **Müdahir ÖZGÜL**
Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. **Oğuzhan ÇALIŞKAN**
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Doç. Dr. **Arif Behiç TEKİN**
Ege Üniversitesi

Doç. Dr. **Cemal KURT**
Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. **Halil DEMİR**
Akdeniz Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi **Koray KIRIKÇI**
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi **Talip ÇAKMAKÇI**
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi **Aydın ATAKAN**
Gaziantep Üniversitesi

YAYIN KURULU

Prof. Dr. **Sedat AKTAN**
Kırıkkale Üniversitesi
Prof. Dr. **İbrahim ERDAL**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. **Yaşar KARAKURT**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. **Ercan CEYHAN**
Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Prof. Dr. **Safder BEYAZİT**
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. **Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. **Bahri KARLI**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. **Yusuf UÇAR**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Doç. Dr. **Halef DİZLEK**
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

YABANCI DİL EDITÖRÜ

Doç. Dr. **Musa YAVUZ**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

TEKNİK EDITÖR

Arş. Gör. **Sercan ÖNDER**
Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi

Arş. Gör. **Bektaş KADAKOĞLU**
Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi

Öğr. Gör. **Murat MUTLUCAN**
Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi

ISPARTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, JOURNAL OF THE FACULTY OF AGRICULTURE

PRIVILEGE OWNER

Prof. Dr. **Mevlüt GÜL**

On Behalf of Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture (Dean)

EDITOR IN CHIEF

Prof. Dr. **Burhan KARA**

Isparta University of Applied Sciences

ASSOCIATE EDITORS

Res. Asst. **Sercan ÖNDER**

Isparta University of Applied Sciences

EDITORS

Prof. Dr. **Vecdi DEMİRCAN**
Isparta University of Applied Sciences
Prof. Dr. **Hülya GÜL**
Süleyman Demirel University
Prof. Dr. **Müdahir ÖZGÜL**
Atatürk University
Prof. Dr. **Oğuzhan ÇALIŞKAN**
Hatay Mustafa Kemal University
Assoc. Prof. Dr. **Arif Behiç TEKİN**
Ege University

Assoc. Prof. Dr. **Cemal KURT**
Cukurova University
Assoc. Prof. Dr. **Halil DEMİR**
Akdeniz University
Asst. Prof. Dr. **Koray KIRIKÇI**
Kırşehir Ahi Evran University
Asst. Prof. Dr. **Talip ÇAKMAKÇI**
Van Yüzüncü Yıl University
Asst. Prof. Dr. **Aydın ATAKAN**
Gaziantep University

PUBLICATION BOARD

Prof. Dr. **Sedat AKTAN**
Kırıkkale University
Prof. Dr. **İbrahim ERDAL**
Isparta University of Applied
Sciences
Prof. Dr. **Yaşar KARAKURT**
Isparta University of Applied
Sciences
Prof. Dr. **Ercan CEYHAN**
Selçuk University

Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**
Isparta University of Applied
Sciences
Prof. Dr. **Safder BEYAZİT**
Hatay Mustafa Kemal University
Prof. Dr. **Hülya ÖZGÖNEN**
ÖZKAYA
Isparta University of Applied
Sciences

Prof. Dr. **Bahri KARLI**
Isparta University of Applied
Sciences
Prof. Dr. **Yusuf UÇAR**
Isparta University of Applied
Sciences
Assoc. Prof. Dr. **Halef DİZLEK**
Osmaniye Korkut Ata University

FOREIGN LANGUAGE EDITOR

Assoc. Prof. Dr. **Musa YAVUZ**
Isparta University of Applied Sciences

TECHNICAL EDITORS

Res. Asst. **Sercan ÖNDER**
Isparta University of Applied
Sciences

Res. Asst. **Bektaş KADAKOĞLU**
Isparta University of Applied
Sciences

Lecturer **Murat MUTLUCAN**
Isparta University of Applied
Sciences

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS**Sayfa / Pages**

Bazı Yaprak Gübrelerinin Şeker Pancarının Verim ve Kalitesine Etkileri..... <i>The Effects of Foliar Fertilizers on Yield and Quality of Sugar Beet</i> Fidan BASALAK, Tahsin KARADOĞAN	49-54
Aspir (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Saf Hatlarında Tohum Karışım Oranlarının Verim ve Yağ Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi..... <i>Effect of Seed Mixture Ratios on Yield and Oil Quality Properties in Safflower (Carthamus tinctorius L.) Pure Lines</i> Ümmü BOZDAĞ, Hasan BAYDAR	55-63
Derim Sonrası Farklı Dozlarda Kekik ve Lavanta Yağının Fuji Elma Çeşidinin Kalite Korunumu Üzerine Etkileri..... <i>The Effects of Different Doses of Thyme and Lavender Oil on Quality Preservation in Apple (cv. Fuji) After Harvest</i> Elif GÜNER, Yasemin EVRENOSOĞLU, Kerem MERTOĞLU	64-69
Konya Ekolojik Şartlarında Kültürü Yapılan Aynisefa (<i>Calendula officinalis</i> L.) Bitkisinin Farklı Ekim Zamanlarının Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi..... <i>Determination of The Effect of Marigold (Calendula officinalis L.) Cultured in Ecological Conditions of Konya on Agronomic Properties of Different Sowing Times</i> İrem AYRAN, Yüksel KAN	70-74
Türkiye'de Yemelik Tane Baklagiller Üretimi, Tarım Politikaları ve Dış Ticaretinin Rekabet Gücü Analizi . <i>The Production, Agricultural Policies and Competitiveness Analysis of Foreign Trade of Edible Grain Legumes in Türkiye</i> Bektaş KADAKOĞLU, Bahri KARLI	75-87
Farklı NPK Dozlarıyla Birlikte Uygulanan Kompost ve Vermikompostun Buğdayın Gelişimi ve Mineral Beslenmesine Etkisi..... <i>Effect of Compost and Vermicompost Applied with Different NPK Doses on Growth and Mineral Nutrition of Wheat</i> Süleyman Şefik KURT, İbrahim ERDAL	88-94
Determination of Olive Tree (<i>Olea europaea</i> L.) Some Dendrometric Components from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data with Local Extrema and Multiresolution Segmentation Algorithms..... <i>İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinden Zeytin Ağacının (Olea europaea L.) Bazı Dendrometrik Bileşenlerinin Yerel Ekstrema ve Çoklu Çözünürlüklü Bölütleme Algoritmaları ile Belirlenmesi</i> Mesut ÇOŞLU, Namık Kemal SÖNMEZ	95-103
Insecticidal Activity of Medicinal Plant, <i>Schinus molle</i> (Anacardiaceae) on <i>Tribolium confusum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae)..... <i>Tıbbi Aromatik Bitki, Schinus molle (Anacardiaceae)'nin Tribolium confusum (Coleoptera: Tenebrionidae) Üzerindeki Böcek Öldürücü Etkisi</i> Sekrane FATİMA ZOHRA YOUSRA, Righi Assia FATİHA, Righi KADA, Yahia BOUKHARI, İsmail KARACA	104-109
Inhibitory Effect of Some Plant Essential Oils against Corn Stalk Rot and Ear Rot..... <i>Bazı Bitkisel Uçucu Yağların Mısır Sap ve Koçan Çürüklüğüne Karşı Engelleyici Etkisi</i> Yagmur CEYLAN, Zehra SAGLAN, Gurbet CELİK TURGUT, Oktay ERDOGAN	110-118
Improvement of Rice (<i>Oryza sativa</i>) Germination and Seedling Growth Under Cadmium Stress Conditions Using Different Seed Priming Agents..... <i>Kadmiyum Stres Koşullarında Farklı Priming Uygulamalarında Çeltiğin Çimlenme ve Fide Gelişimi</i> Samet KARATAŞ, Ömer KONUŞKAN	119-128
Bingöl İli Kuru Fasulye Üreten İşletmelerin Mevcut Durumu ve Ekonomik Analizi..... <i>Current Situation and Economic Analysis of Dry Bean Producing Businesses in Bingol Province</i> Mehmet AYÇİÇEK, Ersin KARAKAYA	129-138
Limon'da (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.) Hasat Sonrası Hastalıklara Karşı Antifungal Aktiviteye Sahip Antagonist Bakterilerin Taranması..... <i>Screening of Antagonist Bacteria with Antifungal Activity Against Postharvest Diseases on Lemon (Citrus limon (L.) Burm.f.)</i> Nasibe TEKİNER AYDIN, Elif TOZLU, Recep KOTAN	139-147

Bazı Yaprak Gübrelerinin Şeker Pancarının Verim ve Kalitesine Etkileri

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 49-54, 2022

Fidan BASALAK¹, Tahsin KARADOĞAN*²

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 49-54, 2022

Öz: Çalışma farklı yaprak gübrelerinin şeker pancarı (*Beta vulgaris var. saccharifera*)'nın verim ve kalitesine etkisini belirlemek amacı ile Burdur ilinde 2016/2017 şeker pancarı üretim sezonunda yapılmıştır. Araştırmada şeker pancarı tarımında kullanılması önerilen Aminofol, Batguano, Borzinc, Comozink, Flora-X, Foton, Humatex-SF, Sıvı solucan gübresi olmak üzere 8 farklı yaprak gübresi kullanılmıştır. Uygulamaların şeker pancarının biyolojik verimini yaprak verimini, kök-gövde verimini, polar şeker oranı ve polar şeker verimini önemli seviyede etkilediği bulunmuştur. En yüksek yaprak (1055.7 kg/da,) kök-gövde (6947.0 kg/da), biyolojik (7896.3 kg/da) ve polar şeker verimi (1248.0 kg/da) Foton yaprak gübresi uygulandığı zaman alınmıştır. Polar şeker oranı Foton (% 17.96) ve Flora-X (% 17.81) yaprak gübresi uygulamalarında en yüksek olmuştur. Kullanılan diğer yaprak gübreleri de verime farklı oranlarda olumlu katkı sağlamışlardır. Kesin sonuca ulaşmak için bu çalışmaların uzun yıllar farklı lokasyonlarda yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Beta vulgaris var. saccharifera*, kalite, şeker pancarı, verim, yaprak gübresi

The Effects of Foliar Fertilizers on Yield and Quality of Sugar Beet

Abstract: In this study, which was carried out in the 2016/2017 sugar beet production season in Burdur, it was aimed to determine the effects of foliar fertilizers on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris var. saccharifera*). In the research, 8 different foliar fertilizers were used, including Aminofol, Batguano, Borzinc, Comozink, Flora-X, Foton, Humatex-SF, Liquid vermicompost, which are recommended for sugar beet agriculture. Biological yield, leaf yield, root yield, polar sugar ratio and polar sugar yield were found to be statistically significant in the properties examined in the study. The highest leaf yield (1055.7 kg/da), root yield (6947.0 kg/da), biological yield (7896.3 kg/da) and polar sugar yield (1248.0 kg/da) were obtained when Photon foliar fertilizer was applied. Polar sugar ratio was highest in Foton (17.96%) and Flora-X (17.81%) foliar fertilizer applications. The other foliar fertilizers used also contributed positively to the yield at different rates. It was concluded that these studies should be carried out in different locations for many years in order to reach a definite result.

Keywords: *Beta vulgaris var. saccharifera*, quality, sugar beet, yield, foliar fertilizer

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
tahsinkaradogan@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 18/10/2021
Kabul (Accepted): 25/08/2022

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri
Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Isparta, Türkiye

1. Giriş

Türkiye için stratejik bir ürün olan şeker pancarının verim ve kalitesi bitkinin beslenme rejimine göre önemli seviyede değişmektedir (Leilah ve Khan, 2021; Wilczewski ve Wenda-Piesik, 2018; El-Shafai, 2000;). Bitki besin maddeleri esasta toprağa uygulanmasına rağmen eksik olan elementler bazen yapraktan da verilebilmektedir. Bu

amaçla gerek yurtdışında gerekse ülkemizde birçok yaprak gübresi geliştirilmiş ve pancar tarımında uygulama alanı bulmuştur.

Konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda uygulanan yaprak gübrelerinin içeriğine göre şeker pancarının verimini ve kalitesini artırdığı (Feckova vd., 2005; Jaskulski, 2004; Tugnoli ve Bettini, 2003; Çavuşoğlu vd.,

2001; Barlog ve Grzebisz, 2001), bazı çalışmalarda ise yaprak gübrelere etkinliklerinin olmadığı veya düşük olduğu belirtilmiştir (Gad ve Kandil, 2009; Keser vd., 1974).

Bu araştırma ile Burdur ilinde şeker pancarı tarımı için önerilen ve satışı yapılan bazı yaprak gübrelere şeker pancarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, Burdur ilinde 2016/2017 şeker pancarı üretim sezonunda yürütülmüştür. Araştırmada Burdur Şeker Fabrikası üretim alanlarında yetiştirilmesi tavsiye edilen Cesira şeker pancarı çeşidi ve ticari ismi içerik ve önerilen uygulama zamanları ve dozları Tablo 1'de verilen yaprak gübrelere materyal olarak kullanılmıştır.

Deneme yapıldığı alanın toprakları killi-tınlı, hafif alkali, tuzsuz, pH 7.7; elverişli fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum bakımından zengin, mangan bakımından düşük seviyede, demir bakımından orta seviyede, çinko ve bakır bakımından yeterli, organik madde bakımından ise fakirdir (Tablo 2).

Çalışmanın yapıldığı yıldaki aylara göre ortalama sıcaklık uzun yıllar ortalamasına paralellik göstermesine karşın, özellikle yaz aylarında sıcaklığın biraz yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmanın yapıldığı yılda Mart ve Nisan aylarında düşen yağış miktarı uzun yıllar ortalamasına göre düşük olmuş, Mayıs ayında ise daha fazla yağış meydana gelmiştir (Tablo 3).

Deneme çalışmasının yapıldığı yılda uzun yıllar ortalamasına göre Ağustos ayında daha fazla, Eylül ayında ise daha az yağış meydana gelmiştir. Deneme yılındaki nispi nem oranı uzun yıllar ortalamasına göre düşük olduğu görülmüştür (Anonim, 2017).

2.2. Yöntem

Denemenin yürütüldüğü arazi sonbaharda derin, ilkbaharda ise yüzlek sürülmüş; toprak frezesi ile arazi düzeltilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim öncesinde ilkbahar sürüm öncesi TÜRKŞEKER'in önerisi doğrultusunda dekara 45 kg kompoze gübre (5.4 kg N, 13.5 kg P₂O₅, 5.4 kg K₂O) uygulanmış ve sürümle toprağa karıştırılmıştır. Şeker pancarı ekim mibzeri ile sıra arası 45, sıra üzeri 9 cm aralıklarla ekim gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Denemede kullanılan yaprak gübrelere, içerik ve uygulama dozu ve zamanları

Ürün	İçerik	Önerilen uygulama doz ve zamanı
Flora-X	Suda çözülebilir Cu % 0.50, Mn % 1.10, Zn % 0.50	100 mL FLORA-X/100 litre su/da dozunda bitki 4-5 yapraklı dönemden itibaren 15 gün aralıklarla toplam 3 kez
Comozink	% 0.2 Co, % 3 Mo, % 0.5 Zn	200 cc comozink/100 litre su/da dozunda kök-gövdenin oluşumu başlangıcından (10-12 yapraklı) itibaren 15 gün aralıklarla 2 kez
Aminofol	50 g/L N-acetyl-thiazonin-4 karboksilik asit (ATCA), 1 g/L pteoylglutamic acid (Folik asit/litrede)	20-30 mL aminofol/100 litre su/da dozunda bitkiler 6-7 yapraklı olduğunda 1 kez
Sıvı solucan gübresi	Solucan gübre üretim aşamasında ortaya çıkan sıvı gübre	500 cc solucan gübresi/100 litre su/da dozunda 4-5 yapraklı dönemden itibaren 15 gün aralıklarla 3 kez
Foton	Toplam N % 3, suda çözünebilir nitrat azotu % 3, suda çözünebilir potasyum oksit (K ₂ O % 15)	400 g foton/100 litre su/da dozunda kök-gövde oluşumundan sonra (Temmuz 15'ten sonra) hasada 60 gün kala 15 gün aralıklarla 3 kez
Humatex-SF	Organik madde % 20, toplam humik+fulvik asit % 65, suda çözünür potasyum oksit (K ₂ O) % 5, 200 ppm B, maksimum nem % 20, pH aralığı 8.5-10.5	80 g humatex-SF/100 litre su/da dozunda ilk sulama ile tek uygulama
Borzinc	Bor ve çinko ile mikro element karışımı	100 g Borzinc/100 litre su/da dozunda bitki 4-5 yapraklı dönemden itibaren 15 gün aralıkla 2 kez
Batguano	(Organik yaras gübresi) organik madde içeriği % 55, toplam azot % 6, organik azot % 5, toplam P ₂ O ₅ % 1, maksimum nem % 20, pH 4-5	100 g batguano/100 litre su/da dozunda 5-6 yapraklı dönemden itibaren 3 kez uygulanmıştır

Tablo 2. Denemenin yapıldığı toprakların besin içerikleri*

Tekstür	pH	Tuz (dS/m)	Elverişli (ppm)								Organik Madde %
			P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	
Killi tınlı	7.7	0.50	40.9	608	7000	798	5	3.5	1.3	1.1	1.7

Tablo 3. Denemenin yürütüldüğü yıl ve uzun yıllara ait iklim verileri

Aylar	Ort. Sıcaklık	Ort Sıcaklık	Toplam Yağış	Toplam Yağış	Nispi Nem	Nispi Nem
	(°C)	(°C)	(mm)	(mm)	(%)	(%)
	1931-2017	2016-2017	1931-2017	2016-2017	1931-2017	2016-2017
Mart	6.8	8.5	44.8	35.2	60.1	49.1
Nisan	11.7	12.1	43.8	29.9	55.0	44.5
Mayıs	16.5	16.5	45.3	60.2	53.8	46.7
Haziran	21.2	21.9	26.8	23.2	46.5	42.5
Temmuz	24.7	27.1	12.0	10.4	36.2	29.9
Ağustos	24.5	25.3	7.7	21.2	36.8	38.9
Eylül	19.9	22.9	15.1	0.6	42.1	31.1
Ekim	14.2	13.5	32.5	35.0	56.1	47.3
	17.4	18.5	227.8	215.7	48.3	41.3

Bitkiler 3-5 yapraklı oldukları dönemde ara çapa makinası ile çapalama işlemi yapılmıştır. Sıra üzeri ise el çapası ile çapalanmış ve 20-25 cm sıra üzeri kalacak şekilde seyreltilmiştir. İlk çapa yapıldıktan sonra deneme şans blokları deneme planında 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her blokta kontrol dahil 9 parsel yer almıştır. Her bir parsel 6 sıradan oluşmuş ve parsel uzunluğu 5 m alınmıştır. Parseller arasında 90 cm, bloklar arasında ise 1 m boşluk bırakılmıştır.

Topraktaki faydalı nem el ile kontrol edilmiş ve faydalı nem % 50'nin altına düşmeyecek şekilde yağmurlama sulama şeklinde sulama gerçekleştirilmiştir. İkinci çapalama işlemi ile birlikte dekara 10 kg N gelecek şekilde Üre formunda bütün parsellere üst gübrelemesi yapılmıştır.

Yaprak gübrelere uygulamaları ise Tablo 1 de belirtildiği dozda ve şekilde yapılmıştır. Burdur şeker fabrikasının normal söküm talimatı verdiği dönemde (170 gün), 25 Ekim tarihinde hasat yapılmıştır. Hasatta kenarlardan birer sıra, başlardan ikişer kök-gövde, kenar tesiri olarak ayrılmış geriye kalan sıralar hasat edilmiştir ve değerlendirmeler hasat alanındaki bitkiler üzerinden yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Biyolojik verim

Dekara en yüksek biyolojik verim Foton uygulanan (7896.3 kg/da) parsellerden alınmıştır. Bunu sırası ile Borzinc, Humatex-SF ve sıvı solucan gübresi izlemiştir. Batguano ve Comozink uygulanan parsellerdeki biyolojik verim

Tablo 4. Değişik yaprak gübrelere uygulanan şeker pancarının biyolojik, yaprak, kök-gövde verimleri (kg/da)

Uygulamalar	Biyolojik Verim	Yaprak Verimi	Kök-Gövde Verimi
Foton	7896.3 a	949.0 b	6947.0 a
Borzinc	7204.7 b	1055.7 a	6148.7 b
Humatex-SF	6936.0 bc	1047.0 a	5889.0 bc
Sıvı Sol.Güb.(<i>L. worm manure</i>)	6870.7 bc	892.3 c	5977.0 bc
Kontrol (<i>Control</i>)	6601.0 ce	869.0 cd	5840.0 bc
Flora-X	6521.3 de	822.0 d	5699.0 cd
Aminofol	6267.7 e	862.0 cd	5398.3 de
Comozink	5800.0 f	660.3 f	5140.0 e
Batguano	5359.3 g	640.7 f	4718.3 f

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasında fark yoktur.

Tablo 5. Farklı gübrelere uygulandığı şeker pancarının kök-gövdelerinin polar şeker oranları ve verimleri

Uygulamalar	Polar Şeker Oranı (%)	Polar Şeker Verimi (kg/da)
Foton	17.96 a	1248.0 a
Borzinc	16.82 b	1034.3 b
Flora-X	17.81 a	1015.3 bc
Humatex-SF	16.74 b	986.0 bd
Sıvı Sol. Güb. (<i>L. worm. manure</i>)	16.30 c	969.0 cd
Kontrol (<i>Control</i>)	16.06 c	938.3 d
Aminofol	16.19 c	873.7 e
Comozink	16.30 c	837.3 e
Batguano	14.08 d	664.7 f

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasında fark yoktur.

kontrole göre düşük olmuş, diğer gübrelere ise biyolojik verime etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 4).

3.2. Yaprak verimi

En yüksek dekara yaprak verimi Borzinc ve Humatex-SF yaprak gübresi uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Batguano, Comozink yaprak gübresi uygulanan parsellerin yaprak verimi kontrole göre daha düşük olmuştur (Tablo 4).

3.3. Kök-gövde verimi

Dekara kök-gövde verimi en yüksek Foton yaprak gübresi uygulanan parsellerden alınmış, bunu Borzinc yaprak gübresi uygulanan parseller izlemiştir. Batguano ve Comozink gübrelere şeker pancarının kök-gövde verimini olumsuz etkilemiş, kontrol parsellerden daha düşük kalmıştır (Tablo 4).

3.4. Polar şeker oranı

Foton (% 17.96) ve Flora-X (% 17.81) yaprak gübresi uygulanan parsellerden hasat edilen kök-gövdenin polar şeker oranlarının en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Borzinc (% 16.82) ve Humatex-SF (% 16.74) yaprak gübrelere uygulanması polar şeker oranını artırmıştır. Aminofol (% 16.19) yaprak gübresinin polar şeker oranı üzerine etkisi olmamıştır. En düşük polar şeker oranı Batguano (% 14.08) yaprak gübresi uygulanan parsellerden sökülen pancarların kök-gövdelelerinden ölçülmüştür (Tablo 5).

3.5. Polar şeker verimi

En yüksek polar şeker verimi dekara 1248.0 kg ile Foton yaprak gübresi uygulanan parsellerden alınmıştır. Borzinc ve Flora-X yaprak gübresi uygulamalarının dekara polar şeker verimi 1000 kg'ın üzerinde olmuştur. Batguano, Aminofol ve Comozink gübrelere dekara polar şeker verimini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (Tablo 5).

4. Tartışma ve Sonuç

Tavsiye edilen besin maddelerinin uygulandığı şeker pancarında ilave Batguano, Comozink ve Aminofol yaprak gübrelere uygulanmasının gereksiz olduğu tespit edilmiştir. Bütün verim ve verim unsurları bakımından Foton yaprak gübresinin ilave olarak uygulanmasının olumlu etkisinin olduğu, polar şeker verimi bakımından ise Borzinc ve Flora-X gübresinin de uygulanabileceği belirlenmiştir.

Aminofol uygulamaları ile bitki gelişmesinde önemli rol oynayan bazı enzimlerin denatüre olmalarından dolayı (Leiva Rivera, 1990) şeker pancarında verimi ve kaliteyi

olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Nitekim Leiva ve Rivera (1990), domates bitkisine Aminofol uygulamasının verimi olumsuz yönde etkilediğini yaptıkları çalışmada belirlemişlerdir. Batguano yaprak gübresinin uygulanması ile şeker pancarı yapraklarında yanmanın gerçekleşmesi ve gözeneklerin tıkanması sebebiyle bu gübrenin şeker pancarı verimi ve verim unsurlarını olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Comozink gübresinin ise etiket bilgilerine göre Co, Mo ve Zn içerdiği görülmektedir. Deneme arazisinin Zn bakımından yeterli olduğu (Tablo 2), muhtemelen diğer elementlerin de yeteri kadar toprakta bulunduğu, ilave gübrelemenin yaprakları yaktığı ve diğer elementlerin alımını olumsuz etkilediği (Bonilla vd., 1980) düşünülmektedir. Nitekim Bonilla vd., (1980), yaptıkları çalışmada B ile Mo arasında antagonistik etki olduğu, Mo fazlalığının NO₃ alımını olumsuz etkilediğini ve nitrat redüktaz enziminin etkisini azalttığı buna bağlı olarak verimi olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Yine başka bir çalışmada Co'ın toprağa 7.5 ppm uygulandığında, uygulanmayan parsellere göre kök-gövde verimi ile şeker verimini artırdığı, daha yüksek dozlarda ise kök-gövde verimi ile şeker verimini düşürdüğü tespit edilmiştir (Gad ve Kandil, 2009). Batguano gübrelere Al (% 0.5-11.11.) Si oranının (% 2.34-10.11) yüksek olması (Hatibu, 2018)'na bağlı olarak toksik etki göstermesi (Keser vd., 1974) sebebiyle verimin kontrole göre düşük seviyede olmasına neden olmuş olabilir. Verim ve kalite unsurları irdelendiğinde en etkili gübrenin Foton olduğu, Borzinc ve Flora-X'in polar şeker verimini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Foton gübresinin önemli oranda N içermesinden dolayı kök-gövde verimini artırdığı, içermiş olduğu K'dan dolayı ise şeker oranını yükselttiği düşünülmektedir. Nitekim konu ile ilgili yapılan çalışmalarda şeker pancarında kök-gövde veriminin azot uygulaması ile arttığı, geç dönemde K uygulamalarının ise polar şeker oranı (Wilczewski vd., 2018), dolayısı ile polar şeker verimini artırdığı tespit edilmiştir (Abdel-Motogaily ve Attia, 2009).

Borzinc ve Flora-X gübrelere mevcut içeriklerinin bölge topraklarında yeterli olduğu görülmektedir. Bu gübrelere belirtilen içeriklerin dışında başka maddeler içerdiği düşünülmekte ve buna bağlı olarak kısmen verimi artırdıkları görülmektedir. Dünya literatür bilgileri tarandığında yaprak gübrelere etkinliklerinin çeşide (Pacuta vd., 2013), lokasyonlara (Allison vd., 1996; Hamurcu ve Gezin, 2001), içeriklerine ve uygulama zamanlarına göre kök ve gövde verimini ve dolayısı ile şeker verimini artırdığı belirlenmiştir (Armin ve Asgharipour., 2011; Cerny vd., 2007; Feckova vd., 2005; Jaskulski, 2004; Tugnoli ve Bettini, 2003; Barlog ve Grzebisz, 2001; Çavuşoğlu vd., 2001). Bazı çalışmalarda ise polar şeker oranı üzerinde, uygulanan yaprak gübrelere etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Pacuta vd., 2013; Zahradniček vd., 2008).

İlgili literatür bilgileri ışığında tartışıldığında bölgelere ve içeriğe göre yaprak gübrelere etkinliğinin farklı olduğu görülmüştür. Yaptığımız çalışmada bazı yaprak gübrelere olumlu, bazılarının olumsuz etkisinin olduğu tespit edilmiş olup, yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında benzer etkilerin olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, yapılan deneme çalışmasında tavsiye edilen besin maddelerine ilave olarak uygulanan Foton yaprak gübresinin verim ve kalite üzerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir (Tablo 4, 5). Diğer yaprak gübrelere de deneme arazisindeki kontrol bloğuna oranla şeker pancarının verim ve kalitesinde farklı oranlarda olumlu katkıların olduğu tespit edilmiştir.

Bunun yanında katkı oranlarının maliyet hesaplarının da yapılması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, denemede kullanılan yaprak gübrelere içeriklerinin farklı olması ve istatistiksel verilerin bir yıllık çalışma sonuçlarına dayalı olması nedeniyle çalışmanın ileriki dönemlerde farklı arazilerde tekrarlanmasının daha kesin sonuca ulaşabilmek için faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Abdel-Motogaily, F. M. F., & Attia, K. K. (2009). Response of Sugar Beet Plants to Nitrogen and Potassium Fertilization in Sandy Calcareous Soil. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(6), 695-700.
- Allison, M. F., Last, P. J., & Bean, K. M. R. (1996). Responses of Sugar Beet (*Beta vulgaris*) to Foliar Sprays of Copper. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 72, 219-225.
- Armin, M., & Asgharipour, M. R. (2011). Effect of Time and Concentration of Boron Foliar Application on Yield and Quality of Sugar Beet. *Asian Journal of Plant Sciences*, 10, 307-311.
- Anonim, (2017). *Resmi İstatistikler*. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURDUR>
- Barlog, P., & Grzebisz, W. (2001). Effect of magnesium foliar application on the yield and quality of sugar beet roots. *Rostlinna Vyroba*, 47(9), 418-422.
- Bonilla, I., Cadahia, C., Carpena, O., & Hernondo V. (1980). Effect of boron on nitrogen metabolism and Sugar levels of sugar beet. *Plant and Soil*, 57(1), 3-9.
- Cerny, I., Pacuta, V., & Porubská, M. (2007). Production Parameters of Sugar Beet Yield Depending on The Variety and Foliar Application of Atonik and Polybor 150 Preparations. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 53(4), 169-174.
- Çavuşoğlu, S. S., & Altay, H. (2001). Trakya Bölgesi (Malkara) koşullarında yetiştirilen şeker pancarında farklı dozlarda yaprak gübresi kullanımının verim ve kalite parametrelerine etkisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(25), 13-27.
- Doğan, A., & Erdal, İ. (2018). Burdur ili tahıl yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 34-95.
- El-Shafai, A. M. A (2000). Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield and quality of sugar beet in soham. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 7(2), 759-767.
- Feckova, J., Pacuta, V., & Cerny, I. (2005). Effect of foliar preparations and variety on sugar beet yield and quality. *Journal of Central European Agriculture*, 6(3), 295-308.
- Gad, N., & Kandil, H. (2009). The Influence of cobalt on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production. *International Journal of Academic Research*, 1(2), 52-58.
- Hamurcu, M., & Gezgın, S. (2001). Şeker pancarının (*Beta vulgaris* L.) verim ve kalitesi üzerine çinko ve bor uygulamasının etkisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(26), 116-128.
- Hatibu, A. A. (2018). Assessment of Bat guano as source of nutrients for rice production. Erişim adresi: <http://www.suaire.suanet.ac.tz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2753/ASHA%20ALLY%20HATIBU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jaskulski, D. (2004). Effectiveness of foliar application of Sonata fertilizers, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E, Agricultura*, 59(1), 431-439.
- Keser, M., Neubaner, B. F., Hutchinson, F. E. 1974. Influence of aluminum ions on developmental morphology of sugarbeet roots. *Agronomy Journal*, 67(1), 84-88.
- Leilah, A. A. A., & Khan, N. (2021). Interactive effects of gibberelic acid and nitrogen fertilization on the growth, yield and quality of sugar beet. *Agronomy*, 11(1), 137. <https://doi.org/10.3390/agronomy1101013>
- Leiva Rivera, A. L. (1990). Respuesta del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a la aplicación de aminofol con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Lisans Bitirme Tezi, Pan American Tarım Okulu (Escuela Agrícola Panamericana).
- Pacuta, V., Cerny, I., & Pulkrabek, J. (2013). Influence of variety and foliar preparations containing bioactive substances on root yield, sugar content and polarized sugar yield of sugar beet. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 129(11), 337-340.
- Tugnoli, V., & Bettini, G. (2003). The use of foliar fertilizer application in sugar beet growing. 1st Joint IIRB-ASSBT Congress, San Antonio, United States of America.

- Wilczewski, E., Szczepanek, M., & Wenda-Piesik, A. (2018). Response of sugar beet to humic substances and foliar fertilization with potassium. *Journal of Central European Agriculture*, 19(1), 153-165.
- Zahradnček, J., Nečasov, M., Tyřer, L., Kořnarov, V., & Hostk, V. (2008). Yields and technological quality of sugar beet after application of Samppi foliar fertilizer in 2007. *Listy Cukrovarnick a řepařsk*, 124(5/6), 170-173.

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Saf Hatlarında Tohum Karışım Oranlarının Verim ve Yağ Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 55-63, 2022

Ümmü BOZDAĞ¹, Hasan BAYDAR^{*1}

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 55-63, 2022

Öz: Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), tohumlarında bulunan yüksek kalitede yağı ile önemli bir yemeklik yağ ve biyoenerji kaynağıdır. Bu araştırma, ileri generasyon aspir hatlarında tohum karışımları yapılarak hem doğal heterosis etkisinden hem de çok hatlı çeşitlerin avantajlarından faydalanmak için yürütülmüştür. Fenolojik özellikleri benzer, ancak tohum ve yağ verimlilikleri farklı üç hat (BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15) saf (yalın), ikili (1/2 + 1/2) ve üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) tohum karışım oranlarında yetiştirilerek açıkta tozlaşmaya bırakılmış, elde edilen kısmi melez tohumlar bir sonraki yıl tesadüf blokları deneme deseninde üç tekrarlı olarak ekilerek tarımsal ve kalite özellikleri karşılaştırılmıştır. Hatlar ve karışımlar arasında bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, yağ oranı, tohum ve yağ verimi gibi özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. İkili ve üçlü tohum karışımları saf hatlara göre daha yüksek verim performansı göstermiş, BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışımından % 50.7 ve BAY-ER 5+ BAY-ER 15 ikili karışımından % 44.0 olarak yüksek karışım etkinliği elde edilmiştir. Bütün karışımlar kendisini oluşturan saf hatlardan daha yüksek tohum verimi ve yağ oranı vermiştir. Saf hatlar linoleik asit bakımından, karışımlar ise oleik asit bakımından biraz daha yüksek oranlar vermiştir. Sonuç olarak, aspride belirli sayıda saf hattın farklı oranlarda tohum karışımları ile tarımsal performansın artırılabilceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aspir, heterosis etkisi, karışım etkinliği, tohum karışımı

Effect of Seed Mixture Ratios on Yield and Oil Quality Properties in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Pure Lines

Abstract: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important source of edible oil and bioenergy with its high quality oil in its seeds. In this research, seed mixtures were made in advanced generation safflower lines to benefit from both the natural heterosis effect and the advantages of multi-line varieties. Three safflower lines (BAY-ER 2, BAY-ER 5 and BAY-ER 15) with similar phenological characteristics, but different seed and oil yields were used. Pure, double (1/2 + 1/2) and triple (1/3 + 1/3 + 1/3) seed mixture ratios were grown under open pollination condition. The partial hybrid seeds were planted in randomized block experimental design with three replicates in the following year to evaluate the the agricultural and quality characteristics. Statistically significant differences were found between pure lines and mixtures in terms of plant height, number of branches, number of heads, 1000 grain weight, seed hull ratio, oil ratio, seed yield and oil yield. Double and triple seed mixtures showed higher yield performance than pure lines, and high mixing efficiency was obtained as 50.7% from BAY-ER 2 + BAYER 15 and 44.0% from BAY-ER 5+ BAY-ER 15 binary mixtures. All the mixtures gave higher seed yield and oil ratio than their pure lines. Linoleic acid ratios in the lines and oleic acid ratios in the mixtures were found to be slightly higher. As a result, it has been understood that agricultural performance can be increased with different ratios of seed mixtures of a certain number of pure lines in safflower.

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
hasanbaydar@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 27/12/2021
Kabul (Accepted): 31/07/2022

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Isparta, Türkiye.

Keywords: Safflower, heterosis effect, mixing efficiency, seed mixture

1. Giriş

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Compositae familyasından tek yıllık, otsu yapıda ve C3 fotosentezi gerçekleştiren bir nötr gün bitkisi. Tohumlarında yüksek oranda ve yüksek kalitede yağ içeren modern çeşitlerin geliştirilmesiyle birlikte aspir önemli bir yağ ve enerji kaynağı olmuştur. Aspir bitkisinin kuraklığa, sıcağa ve kısmi tuzluluğa karşı yüksek tolerans göstermesi nedeniyle tarımsal önemi giderek artmaktadır (Weiss, 2000). Tarımsal üretim kayıtlarına göre ticari aspir üretimi yapılan 23 ülke arasında Kazakistan, Rusya ve ABD ilk üç sırada yer alırken, son 10 yılda aspir üretiminde büyük ilerleme kaydeden Türkiye ilk on ülke arasına girmeyi başarmıştır (FAO, 2021). Ancak son yıllarda ülkemizde aspir ekilişi ve üretimi azalmaya başlamış, nitekim 2020 yılında 15.2 bin ha ekim alanı, 21.3 bin ton tohum üretimi ve 141 kg/da tohum verimi elde edilmiştir (TUİK, 2021). Türkiye’de kültürü yapılan ticari aspir çeşitlerinin kuru tarım koşullarında tohum verimi ortalaması 50-250 kg/da ve ortalama yağ içeriği % 25-35 arasında değişmektedir. Ülkemizde aspir tarımını yeniden yükselen değer haline getirebilmek en başta tohum ve yağ verimliliğini artıracak, biyotik ve abiyotik stres faktörleriyle daha iyi baş edebilecek alternatif yetiştirme ve ıslah yöntemlerinin uygulamaya aktarılmasına bağlıdır (Erbaş ve Baydar, 2007).

Ülkemizde tescil ettirilen ve ticari olarak tohumluğu üretilen aspir çeşitleri seleksiyon ve melezleme ıslahı ile geliştirilmiş standart saf hat çeşitleridir. Oysa Dünya’da gelişen trend tek bir çeşit ile yalın üretim yapmak yerine, o çeşidin eksikliklerini tamamlayan diğer çeşitler veya saf hatlar ile belirli oranlarda tohum karışımları yapılarak genetik çeşitlilik yaratılıp stres etmenleriyle daha kolay, hızlı, ekonomik ve sürdürülebilir mücadele edilmeye çalışılmaktadır (Castro, 2001). Saf hat veya çeşit karışımlarının sağlayacağı başlıca avantajlar; verim artışı ve stabilite (Okonya ve Maass, 2014; Jokinen, 1991), sınırlı su besin kaynaklarından daha iyi yararlanma (Wang vd., 2016; Biabani vd., 2008), hastalık ve zararlılar ile daha etkili ve ekonomik mücadele (Tooker ve Frank, 2012; Ngugi vd., 2001) şeklinde sıralanabilir. Tohum karışımları ile ilgili olarak temel sorun, karışımlara giren çeşitlerin veya saf hatların genetik farklılıkları nedeniyle elde edilen ürünlerdeki fiziksel ve kimyasal uniformitenin pazar değerini ve işleme kalitesini düşürüp düşürmediği ile ilgilidir. Bu konuda yapılan araştırmalarda ifade edilen genel görüş, eğer karışıma giren genotiplerin tohum özellikleri (fiziksel ve kimyasal) benzer olursa ve karışım oranları iyi formülize edilirse bunda bir sorun yaratmayacağı yönündedir (Mundt, 2002; Bowden vd., 2001).

Aspir, normal koşullarda kendine, ekstrem koşullarda (özellikle bal arıları ve rüzgâr yoğunluğuna bağlı olarak) yabancı tozlaşma ve döllenenin hakim olduğu kültür bitkilerinden birisidir (Rubis, 1966). Aspirde dikenlilik ve

çiçek rengi özellikleri morfolojik markör olarak kullanılarak yabancı dölllenme oranı Erbaş (2012) tarafından ortalama % 10.3 (% 8.3-12.7) olarak tespit edilmiştir. Baydar ve Gökmen (2003), aspirde bitkide yerleşme pozisyonlarına bağlı olarak tablalar arasında önemli farklılıklar tespit etmişler, ana sap tablalarında % 10.0, birincil dal tablalarında % 28.4, ikincil dal tablalarında ise % 21.3 yabancı dölllenme oranlarının meydana geldiğini saptamışlardır. Velasco vd. (2012) ise oleik asidi biyokimyasal marker olarak kullanarak yüksek oleik asit (% 75-82) içeren çeşit ile yüksek linoleik fakat düşük oleik asit (% 20-35) içeren çeşit ile karışık olarak yetiştirmişler, açıkta tozlaştırma koşullarında tek bitki düzeyinde % 35.9 ve tek tabla düzeyinde % 58.3 oranında yabancı dölllenme olduğunu tespit etmişlerdir.

Kurak ve yarı kurak bölgeler için önemli bir alternatif ürün olan, kısmen yabancı tozlaşan ve döllenen aspir bitkisinde açıkta tozlaşan saf hat çeşitlerin kültürü yapılmaktadır. Oysa yakın akrabası olan ayçiçeğinde olduğu gibi aspirde de hibrit çeşitlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Çünkü aspirde ilk melez generasyonunda (F₁) yüksek oranlarda melez azmanlığı (heterosis) ortaya çıkabilmektedir (Hill, 1989). Nitekim Baydar ve Erbaş (2016) tarafından “Dinçer x Montola” melez döllerinin F₁ generasyonunda tohum verimi bakımından % 45 gibi yüksek bir oranda melez azmanlığı (heterosis) gösterdiği ve bu değer hibrit tohum üretimine geçecek yükseklikte olduğu rapor edilmiştir. Ancak aspirde genetik (ms) ve yapısal (df ve th) polen kısırlığı genlerinin olmasına (Knowles, 1982), ayrıca GA₃ destekli kimyasal polen kısırlığının etkin olarak başarılmasına rağmen (Baydar ve Gökmen, 2003) günümüze kadar aspir hibrit tohumluk üretiminde bunlardan maalesef pratikte ticari olarak faydalanılamamıştır (Meena vd., 2012).

Aspir bitkisinde uyum yetenekleri yüksek olan ebeveynler arasında kontrollü melezlemeler yapılarak hibrit (F₁) tohum üretimi pratik ve ekonomik olarak başarılamıyorsa başka alternatif yollar bulunabilir mi? Kısmen yabancı tozlaşan ve döllenen aspir bitkisinde yüksek heterosis değerleri yakalandığına göre bu heterosis etkisinden pratikte tohum verimliliğini ve kalitesini artırmak için faydalanılabilir mi? Fenolojik özellikleri benzer ancak genetik özellikleri farklı ileri generasyon saf hatların tohumları belirli oranlarda karıştırılıp açıkta tozlaştırılırsa acaba bir generasyon sonra karışımlar kendini oluşturan saf hatlara göre nasıl bir performans gösterecektir? Karışımlar yapılarak hem doğal heterosis etkisinden hem de çok hatlı çeşitlerin olası avantajlarından faydalanmak mümkün müdür? İşte, bu gibi araştırma sorularına ve hipotezlere yanıt bulabilmek için dikenlilik ve çiçek rengi gibi temel fenolojik özellikleri benzer, ancak tohum ve yağ verimlilikleri ile biyotik ve abiyotik stres etmenlerine tepkileri farklı üç hat (BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15) saf (yalın), ikili (1/2 + 1/2) ve üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) tohum

karışım oranlarında yetiştirilerek açıkta tozlaşmaya bırakılmış, elde edilen kısmi melez tohumlar bir sonraki yıl ekilerek verim ve kalite ile ilgili özellikler yönüyle karışım etkinlikleri ve tarımsal performansları karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışma 2019 yılında Isparta Uygulamalı Bilimlere Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak "Dinçer 5-18-1 x Montola 2000" melez döllerinden pedigri seleksiyon metodu ile geliştirilen BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15 kodlu F₈ kademesindeki durulmuş ileri generasyon hatları kullanılmıştır. Genetik olarak durulmuş bu saf hatlar; dikenli, turuncu çiçekli, beyaz tohumlu ve linoleik asitçe zengindir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırmada genetik materyal olarak kullanılan aspir hatlarının tabla ve çiçek görüntüleri

2.2. Deneme alanının toprak ve iklim özellikleri

Deneme alanının (ISUBÜ Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği) toprak özellikleri yönüyle killi-tınlı ve hafif alkali (pH 7.5) yapıda olup, kireç oranı (% 7.2) ve tuz oranı (% 0.4) düşük seviyelerdedir. Deneme tarlasının fiziksel bünyesi ve kimyasal yapısı, birçok tarla bitkisine göre toprak seçiciliği daha az olan aspir tarımı için uygun

özellikler taşımaktadır. Tarla denemelerinin kurulduğu 2018 ve 2019 yıllarına ait iklim verileri incelendiğinde (Tablo 1), her iki yılın vejetasyon döneminde (mart-ağustos) aspir bitkisinin normal büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyecek ekstrem kuraklık ve sıcaklık değerleri ortaya çıkmamıştır. Bu nedenle, denemede sulama yapılmamış, bu dönemde düşen yağışlar sayesinde bitkilerin çıkış, rozet ve sapa kalma dönemleri başarılı bir şekilde gerçekleşmiş ve kimi zaman yaşanan kurak dönemler de başarıyla atlatılmıştır.

2.3. Yöntem

2018 yılında BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15 aspir hatlarının elit tohumları ikili kombinasyonlar (1/2 + 1/2) ve üçlü kombinasyonlar (1/3 + 1/3 + 1/3) oluşturularak karıştırılmıştır. Aspir saf hatlarının tohum karışım katsayıları ve oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Her bir saf ve karışım grubu için her biri 12 m uzunluğunda ve 5.4 m genişliğinde (64.8 m²) olan 7 ayrı parsel oluşturulmuştur. Parseller arasında tozlaşmanın engellenmesini sağlayacak kadar izolasyon mesafesi bırakılmış ve tuzak bitki (ayçiçeği) yetiştirilmiştir. Toprak hazırlığı yapıldıktan sonra her bir parselde Tablo 2'de verilen sıralamaya uygun olarak her üç hattın yalın/saf ve olası ikili (1/2 + 1/2) ve üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) karışımları 21 Mart 2018 tarihinde 45 x 15 cm sıklıkta ve 3-5 cm ekim derinliği verilerek ekilmiştir. Aspir tarımı için önerilen yetiştirme teknikleri yerine getirilerek bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyüme ve gelişmesi sağlanmıştır. Çiçeklenme döneminde her bir parselde saf, ikili ve üçlü karışımlar halinde yetiştirilen hatların kendi aralarında arılar ve rüzgâr yardımıyla tozlaşmasına izin verilmiştir. Çünkü aspir çiçeklerinde başarılı bir tozlaşma ve döllenme için başta bal arıları olmak üzere tozlayıcı böceklerin ve rüzgârın

Tablo 1. Isparta ilinin deneme yıllarına ilişkin aylık ortalama iklim verileri*

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)		Nem (%)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Mart	9.2	7.3	69.3	40.3	65.9	63.0
Nisan	14.2	9.9	6.3	50.8	51.0	64.4
Mayıs	16.8	16.8	63.1	34.2	62.3	53.4
Haziran	20.0	20.7	69.4	53.3	62.4	59.8
Temmuz	24.3	23.3	4.1	9.5	46.9	44.9
Ağustos	23.3	24.4	14.2	2.7	47.6	43.0

*Kaynak: Isparta Meteoroloji İl Müdürlüğü

Tablo 2. Aspir saf hatlarının tohum karışım katsayıları ve oranları

Hatlar ve karışımlar	Karışım katsayıları	Karışım oranları
BAY-ER 2	1	% 100
BAY-ER 5	1	% 100
BAY-ER 15	1	% 100
BAY-ER 2 + BAY-ER 5	1/2 + 1/2	% 50 + % 50
BAY-ER 2 + BAY-ER 15	1/2 + 1/2	% 50 + % 50
BAY-ER 5 + BAY-ER 15	1/2 + 1/2	% 50 + % 50
BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15	1/3 + 1/3 + 1/3	% 33.3 + % 33.3 + % 33.3

önemli etkileri olduğu bildirilmiştir (Boch, 1961). Bu sayede yalın, ikili ve üçlü karışım kombinasyonlarını temsil eden hatlar arasında doğal yabancı tozlaşma ve döllenme sağlanarak bir generasyon sonrası döllerde çıkması beklenen olası (kısmi) melez azmanlığının tohum ve verimine, yağ oranına ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi araştırılmıştır.

2019 yılında, bir önceki yıl saf, ikili ve üçlü karışım şeklinde ekilerek yetiştirilen ve kendi aralarında açıkta tozlaşmalarına izin verilen hatların tohumları gruplar halinde tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak oluşturulan deneme parsellerine 22 Mart 2019 tarihinde 45 x 15 cm ekim sıklığında ve 3-5 cm derinliğinde ekilmiştir. Her bir deneme parseli 5 m uzunluğunda, 2.7 m eninde ve 6 sıra olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekimle birlikte deneme parsellerine 10 kg/da taban gübresi (DAP: % 18 N ve % 46 P₂O₅) ve sapa kalkma döneminde 20 kg/da üst gübre (AS: % 21 N) verilmiştir. Kuru tarım koşullarında yetiştiricilik esas alınarak sulama yapılmamıştır. Yabancı ot mücadelesi elle çapalama şeklinde yapılmıştır. Olgunlaşma ile birlikte yalın, ikili ve üçlü karışım ürünlerini temsil eden parsellerden rastgele seçilen 10 bitkide Tarımsal Değerler Ölçme Denemelerine (TDÖ) ilişkin yönetmelik esaslarına göre bitki boyu (cm), yan dal sayısı (adet/bitki), tabla sayısı (adet/bitki), tabla çapı (cm), hasat indeksi [(tohum ağırlığı/bitki ağırlığı)×100], 1000 tane ağırlığı (4 x 100 tohumun ortalama ağırlığının 10 ile çarpımı sonucu g olarak kaydedilmiştir), tohum kabuk oranı (50 adet tohumda kabuk ağırlığının tohum ağırlığına oranı olup % olarak kaydedilmiştir), tohum verimi (her parselde kenar tesiri dışında kalan 4 sıranın tohum ağırlığı olup kg/da olarak kaydedilmiştir) ve yağ verimi (tohum verimi ve yağ oranından gidilerek kg/da olarak kaydedilmiştir) gibi agronomik özellikler ile yağ oranı (%) ve yağ asitleri (%) gibi kalite özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tohum ve yağ verimi ile yağ oranı özellikleri için karışım etkisi oranları hesaplanmıştır (Okonya ve Maass, 2014).

Karışım etkisi (%) = [(Karışım verimi – Karışımı oluşturan saf hatların ortalama verimi) / Karışımı oluşturan saf hatların ortalama verimi] x 100

Tohum örneklerinin yağ içeriği 70 °C ayarlı etüvde 48 saat bekletildikten sonra Nükleer Manyetik Rezonans (NMR, Bruker mqone Minispec) cihazında okutulmuş olarak % olarak belirlenmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu ise alev iyonlaşma detektöre (FID) sahip gaz kromatografisi (Shimadzu GC-2025) cihazında yapılmıştır. 2 g kurutulmuş öğütülmüş aspir tohumu n-hekzan ile soğuk ekstraksiyona tutulmuş ve solvent karışımı uçurulduktan sonra elde edilen ham yağ %0.5'lik sodyum metilat (NaOMe) ile metil esterlerine (FAME) dönüştürmüştür. FAME'den 1 µL çekilerek GC'nin enjektör bloğuna enjekte edilmiştir. Yağ asitlerine ilişkin kromatogramlar elde edilerek palmitik (C16:0), stearik (C18:0), oleik (C18:1) ve linoleik (C18:2) yağ asitlerinin % oranları tespit edilmiştir. GC cihazının

çalışma koşulları: Kolon Teknokroma TR-CN100 (100 m x 0.25 mm, 0.20 µm), enjektör sıcaklığı 250 °C, fırın sıcaklık programı 140 °C//3 °C/dk//240 °C//10 dk, detektör sıcaklığı 250 °C, akış hızı (psi) 10, taşıyıcı gaz N (40 mL/dk), Elde edilen kromatogramlardaki pikler ticari standart yağ asidi metil ester karışımına (Sigma, Supelco® 37 Component FAME Mix) göre isimlendirilmiştir.

Bu çalışmada incelenen özelliklere ilişkin veriler, tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak SAS istatistik programında analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre önemlilik gruplarına ayrılmıştır (Steel ve Torrie, 1980).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Morfolojik ve tarımsal özellikler

Aspir saf hat ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ilişkin bazı morfolojik ve tarımsal özellikler Tablo 3'te sunulmuştur. Hatlar ve karışımlar arasında bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, hasat indeksi, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, tohum verimi ve yağ verimi gibi özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Tablo 3).

Aspir hat ve karışımlarının bitki boyu değerleri 47.6 cm (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) ve 57.4 cm (BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar yalın olarak ortalama 56.8 cm, karışım olarak ortalama 51.6 cm boylanmış (Tablo 3). Bir yıl önce ikili (1/2 + 1/2) veya üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) tohum karışımları yapılarak karışık olarak yetiştirilen saf hatların bir sonraki açıkta tozlaşma karışım ürünleri ışık, su ve besin maddeleri yönüyle birbirleriyle birbirleriyle rekabete girdiklerinden bitki boylarının kısalması olabileceği öngörülmüştür.

Aspir bitkisi genetik olarak dallanan bir bitki olup dal sayısı kadar tabla meydana getirmektedir. Bu nedenle dal sayısı en önemli verim öğelerinden birisi olan tabla sayısı üzerinden tohum verimi üzerinde etkili olmaktadır (Dordas ve Sioulas, 2008). Hat ve karışımlara ait bitki başına ortalama dal sayısı 4.6 adet (BAY-ER 5) ve 6.2 adet (BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatların bitki başına dal sayısı ortalama 5.3 adet olarak ve karışımların bitki başına dal sayısı ortalama 5.5 adet olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu sonuçlara göre hatlar ve karışımları arasındaki ortalama dal sayısı bakımından belirgin bir farklılık olmadığı, bununla birlikte karışımlar arasında en yüksek dal sayısı 6 adet/bitki ile BAY-ER 2 + BAY-ER 5 karışımından elde edilmiş, ancak istatistiksel olarak karışımlara ait dal sayılarına ilişkin ortalama değerler aynı önemlilik grubunda yer almışlardır.

Bitki başına tabla sayısı, tabla başına tohum sayısı ve 1000 tane ağırlığı ile birlikte en önemli verim kriteridir (Ashri vd., 1974). Bitki başına tabla sayısı 10.6 adet (BAY-ER 5) ve

15.3 adet (BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar yalın olarak ortalama 11.7 adet ve karışımlar halinde ortalama 12.9 adet tabla meydana getirmiştir (Tablo 3). Hatlar ve karışımlar arasında bitki başına tabla sayısı bakımından istatistiksel olarak diğerlerinden ayrılan en üst grupta sadece üçlü karışım (BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15) yer almıştır. Sonuç olarak üç saf hattın tohumları eşit oranlarda karıştırılıp üçlü ($1/3 + 1/3 + 1/3$) açıkta tozlaşma yapılarak yetiştirildiğinde, bir sonraki yılın üçlü karışım ürününde doğal heterosis etkisiyle ortalama tabla sayısı değerinin önemli artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Hat ve karışımlarda tabla çapı ortalamaları 21.7 mm (BAY-ER 15) ve 24.0 mm (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması 22.7 mm ve karışımlar ortalaması 23.1 mm olarak ölçülmüştür. Karışımlar arasında BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışım oranında en yüksek tabla çapı ortalaması elde edilmiş olmakla birlikte diğerleri ile olan farkları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 3).

Fotosentetik toplam asimilat üretiminin vegetatif ve generatif organlar arasındaki paylaşımını ifade eden hasat indeksi aspir gibi tohumları değerlendirilen kültür bitkileri için önemli bir ıslah amacıdır. Hasat indeksine ilişkin ortalama oranlar % 19.3 (BAY-ER 15) ile % 26.7 (BAY-ER 5) arasında değişim göstermiş, ancak hatlar ve karışımlara ilişkin ortalamalar arasında belirgin bir farklılık olmamıştır (sırasıyla % 23.2 ve % 22.9) (Tablo 3). Sonuç olarak üç saf hattın oluştuğu ikili ve üçlü karışımlarda hasat indeksi bakımından doğal heterosis etkisi önemli düzeyde ortaya çıkmamıştır. Nitekim Erbaş (2012) tarafından Dinçer 5-118 ve Montola 2000 melezinin F_1 döllerinde hasat indeksi için % 5.6 gibi düşük heterosis oranı elde edilmiştir.

Hatlar ve karışımlarının 1000 tane ağırlığı ortalaması 42.5 g (BAY-ER 5 + BAY-ER 15) ve 52.5 g (BAY-ER 2) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması 46.9 g ve karışımlar ortalaması 44.4 g olarak bulunmuştur. Tohum karışımları

saf hatlara kıyasla daha düşük 1000 tane ağırlığı değerleri vermiş, karışımlar arasında en yüksek değer 46.2 g ile BAY-ER 2 + BAY-ER 5 karışımından elde edilmiştir (Tablo 3). Diğer verim özelliklerine göre 1000 tane ağırlığının kalıtım derecesi daha yüksek olup, genelde % 80'in üzerinde oranlar elde edilmektedir (Erbaş, 2012; Çamaş ve Esendal, 2006). Bu nedenle saf hatlar girdikleri karışımlarda kendi genetik değerlerini sürdürürken heterosis etkisi ortaya çıkmamıştır. Nitekim kontrollü melezlemeler ile elde edilen F_1 döllerinde 1000 tane ağırlığının % 12.7 ve % 20.9 arasında değişen oranlarda heterosis gösterdiği rapor edilmiştir (Shivani vd., 2010).

Aspir tohumunda kabuk oranı önemli bir kalite kriteridir. Çünkü kabuk oranı arttıkça iç oranı düştüğünden ham yağ oranı azalmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2016). Bu nedenle aspir ıslahında önemli hedeflerden birisi de kabuk oranı düşük çeşitler geliştirmektir (Knowles, 1969). Aspir saf hatları ve karışımlarına ait kabuk oranına ilişkin ortalama değerler % 45.7 (BAY-ER 5 + BAY-ER 15) ve % 51.5 (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması % 49.7 ve karışımlar ortalaması % 48.2 olarak bulunmuştur (Tablo 3). Hatlar arasında BAY-ER 15 en düşük (% 48.5), karışımlar arasında ise BAY-ER 5 + BAY-ER 15 en düşük en düşük (% 45.7) kabuk oranı vermiştir.

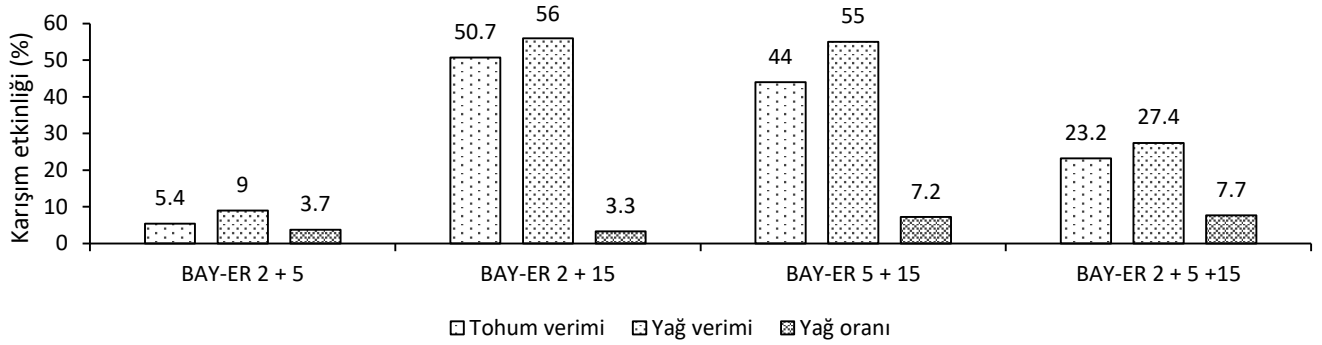
Tohum verimi, verimi etkileyen özelliklerin ana bileşeni olarak ortaya çıkan en önemli ıslah amacıdır. Tohum veriminin oluşumunda eklemeli, dominant ve epistatik etkili çok sayıda gen (poligenler) görev aldığından kantitatif bir özelliktir (Channeshappa, 1980). Bu nedenle tohum verimi hem genetik hem de çevre faktörleri tarafından etkilenmektedir. Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ait ortalama tohum verimi değerleri 115.3 kg/da (BAY-ER 15) ve 191.8 kg/da (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiştir. En yüksek tohum verimi hatlar arasında BAY-ER 2 (139.2 kg/da) hattından ve karışımlar arasında BAY-ER 2 + BAY-ER 15 (191.8 kg/da) karışımından elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Aspir saf hatları ve bunların karışımlarına ilişkin bazı morfolojik ve tarımsal özellikler

Hatlar ve karışımlar	Bitki Boyu (cm)	Dal Sayısı (adet)	Tabla Sayısı (adet)	Tabla Çapı (mm)	Hasat İndeksi (%)	1000 Tane (g)	Kabuk Oranı (%)	Tohum Verimi (kg/da)	Yağ Verimi (kg/da)
BAY-ER 2	56.3 a	5.3 b	11.6 b	23.6 a	23.8 c	52.5 a	51.3 a	139.2 c	37.2 c
BAY-ER 5	56.8 a	4.6 c	10.6 b	21.7 a	26.7 a	45.2 b	49.5 ba	133.3 cd	36.0 dc
BAY-ER 15	57.4 a	6.2 a	13.0 ba	22.8 a	19.3 e	43.0 b	48.5 ba	115.3 d	32.0 d
BAY-ER 2 + 5	53.1 bc	6.0 a	12.9 ba	23.4 a	23.6 c	46.2 ba	50.1 a	143.6 cb	39.9 c
BAY-ER 2 + 15	47.6 d	5.7 ba	11.2 b	24.0 a	21.1 d	44.1 b	51.5 a	191.8 a	54.0 a
BAY-ER 5 + 15	55.2 ba	5.3 b	12.4 b	22.4 a	25.3 b	42.5 b	45.7 b	179.2 a	52.7 a
BAY-ER 2 + 5 + 15	50.6 c	5.2 bc	15.3 a	22.7 a	21.6 d	44.9 b	45.8 b	159.4 b	46.6 b
Hatlar ortalaması	56.8	5.3	11.7	22.7	23.2	46.9	49.7	129.2	35.0
Karışımlar ort.	51.6	5.5	12.9	23.1	22.9	44.4	48.2	168.5	48.3
F değeri	15.7**	6.51**	2.7*	1.0 ^{ns}	59.6**	2.4*	3.3*	18.5**	32.5**
V.K. (%)	2.9	6.5	13.3	5.9	2.5	8.3	4.6	7.1	6.1

** : P<0.01, * : P<0.05, Aynı harf/harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

V.K.: Varyasyon Katsayısı, öd: önemli değil.



Şekil 2. Saf hat ve karışımlarının tohum verimi, yağ verimi ve yağ oranı özelliklerine ilişkin karışım etkinlikleri

Saf hat ve karışımlarının tohum verimine ilişkin karışım etkinlik oranları Şekil 2'de verilmiştir. Tohum veriminde karışım etkinliği bakımından en yüksek değer % 50.7 ile BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışımından elde edilmiştir. Karışımların yüksek verim performansı, bir yıl önce karışımları oluşturan saf hatlar arasında arılar ve rüzgar aracılığı ile meydana gelen tozlaşmaların neden olduğu doğal heterosis etkisinden kaynaklanmıştır. Sonuç olarak bu araştırma, aspir hatlarını saf olarak yetiştirmek yerine, bunların en fazla etkinlik göstereceği karışım oranlarında yetiştirilmesinin daha verimli ve ekonomik olacağını göstermiştir.

Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ait ortalama yağ verimi değerleri 32.0 kg/da (BAY-ER 15) ve 54.0 kg/da (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu özellik yönüyle hatlar ortalaması 35.0 kg/da ve karışımlar ortalaması 48.3 kg/da olarak bulunmuş (Tablo 3), en yüksek karışım etkinlik oranları BAY-ER 5 + BAY-ER 15 ve BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışımlardan (sırasıyla % 56 ve % 55) elde edilmiştir (Şekil 2). Sonuç olarak ikili ve üçlü karışımlardan saf hatlara göre daha yüksek yağ verimi ve karışım etkinliği değerleri elde edilmiştir. Yağ verimi, tohum verimi ile yağ oranı üzerinden hesaplandığından aspride tohum verimi ve yağ verimi arasında önemli ve olumlu ilişki ($r = 0.96^{**}$) söz konusudur (Koç vd., 2010).

3.2. Yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonu

Yağ oranı, diğer yağ bitkilerinde olduğu gibi aspir için de en önemli kalite kriteridir ve tohum verimi ile birlikte en

önemli ıslah amacıdır (Baydar ve Erbaş, 2016). Ancak aspride ham yağ oranı ile tohum verimi arasında önemli ve olumsuz (Koç vd., 2010), yağ oranı ile yağ verimi arasında ise önemli ve olumlu (Beyyavaş vd., 2011) bir ilişki söz konusudur. Johnson vd. (1999), Türkiye orijinli genotiplerin de dahil olduğu toplam 137 introduksiyon materyalinde yağ oranının % 13-46 arasında, Arslan vd. (2019) ise Türkiye'de tescil edilmiş yerli aspir çeşitlerinde bu oranın % 24-41 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ait ortalama yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonu Tablo 4'de verilmiştir.

Yağ oranına ilişkin ortalama değerler % 26.7 (BAY-ER 2) ve % 29.4 (BAY-ER 5 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması % 27.1 ve karışımlar ortalaması % 28.6 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak bütün karışımlar kendisini oluşturan saf hatlardan daha yüksek oranlarda yağ içermiştir (Tablo 4). Karışımların kendini oluşturan saf hatlara göre performans gücünü ifade eden karışım etkinliği bakımından yağ oranı için en yüksek değer % 7.7 ile BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15 üçlü karışımından elde edilmiştir (Şekil 2). Erbaş (2012) tarafından yapılan araştırmada, Dinçer 5-18-1 çeşidinin ortalama % 24.9 ve Montola 2000 çeşidinin ortalama % 33.1 yağ içerdiği koşullarda, her iki çeşidin F_1 generasyon döllerinin ortalama yağ oranı % 31.1 ve heterosis değeri % 7.2 olarak tespit edilmiştir. Aspride yağ oranının tohum verimine kıyasla daha düşük heterosis göstermesi nedeniyle araştırmamızda yağ oranı bakımından karışım etkinliği % 3.3-7.7 arasında düşük oranlarda ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarında yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonu

Hatlar ve karışımlar	Yağ oranı* %	Palmitik (%)		Stearik (%)	Oleik (%)	Linoleik (%)
		C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	
BAY-ER 2	26.7 b	6.3	2.7	13.6	72.2	
BAY-ER 5	27.0 b	5.8	2.0	13.8	78.2	
BAY-ER 15	27.8 ba	6.1	1.7	21.2	70.8	
BAY-ER 2 + 5	27.8 ba	5.8	2.2	16.6	75.2	
BAY-ER 2 + 15	28.1 ba	5.9	2.1	25.4	66.5	
BAY-ER 5 + 15	29.4 a	6.3	2.3	18.6	72.6	
BAY-ER 2 + 5 + 15	29.2 a	6.6	2.0	23.8	67.4	
Hatlar ortalaması	27.1	6.1	2.1	16.2	73.7	
Karışımlar ortalaması	28.6	6.3	2.1	22.6	68.8	

* Yağ oranı için F değeri = 2.6 (P<0.05), Aynı harf/harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Yağ asitleri FAD1//FAD2 genlerinin kontrolünde elongaz ve desaturaz enzimleri ile Palmitik→Stearik→Oleik→Linoleik→Linolenik şeklinde bir yol izlenerek sentezlendiğinden oleik ve linoleik asit arasında negatif bir ilişki vardır (Baydar, 2016). Nitekim Johnson vd. (1999), aspir genotiplerinde yağ oranı ile linoleik asit oranı arasında, oleik asit oranı ile ve linoleik asit oranı arasında önemli ve olumsuz ilişkiler (sırasıyla, $r = -0.22^{**}$ ve $r = -0.98^{**}$) olduğunu rapor etmişlerdir. Yağ asitlerinin sentezinde sadece genler değil çevre de etki etmektedir. Sıcaklık artışları oleik asitten linoleik asidin sentezlenmesini katalize eden oleayl-ACP desaturaz enziminin aktivitesini yavaşlattığından tohum oluşma ve olgunlaşma dönemlerinde gündüz ve özellikle de gece sıcaklık artışlarının oleik asit sentezini, sıcaklık düşüşlerinin ise linoleik asit sentezini teşvik ettiği bildirilmiştir (Izquierdo vd., 2002; Bartholomew, 1971).

Araştırmada materyal olarak kullanılan saf hatların her üçü de yüksek linoleik asit tipinde (% 70-78) yağ üretmektedir. Genel olarak palmitik ve stearik asitler bakımından hatlar ve karışımlar arasında önemli bir fark olmamış, hatlar linoleik asit bakımından karışımlar ise oleik asit bakımından biraz daha yüksek oranlar vermiştir. Hatlar arasında en yüksek linoleik asit oranına (% 78.2) sahip olan BAYER 5'in girdiği karışımlarda linoleik asit oranı artarken, en yüksek oleik asit oranına (% 21.2) sahip olan BAYER 15'in girdiği karışımlarda oleik asit artış göstermiştir (Tablo 4). Liu vd. (2016) 12 farklı ülkeden 21 farklı aspir çeşidi ile yapmış oldukları adaptasyon denemesinde yağ içeriğinin % 9.1-25.1, palmitik asit oranı % 4.0-7.9, stearik asit % 1.5-2.8, oleik asit % 7.9-33.0 ve linoleik asit % 62.7-83.7 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Hatlar ve karışımlara ilişkin yağ asitleri oranları yukarıdaki literatürde açıklanan sınırlar içerisinde yer almıştır. Karışım yapmak için seçilen çeşitlerin veya hatların tamamının linoleik asit veya tamamının oleik asit tipte olmasına özen gösterilmelidir. Çünkü oleik asidin kalıtımında resesif alleller görev aldığından oleik asitçe zengin genotipler (olol) eğer linoleik asitçe zengin genotipler (OIOL) ile tozlaşırlar ise oleik asit oranı ilerleyen generasyonlara doğru hızla azalmaya başlar (Baydar, 2016). Eğer karışımı oluşturan genotipler oleik asitçe zengin ise bunların linoleik asitçe zengin olan genotipler ile tozlaşmaması için izolasyon mesafesine mutlaka dikkat edilmelidir.

4. Sonuç

Sonuç olarak hatlar ve karışımlar arasında bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, yağ oranı, tohum ve yağ verimi gibi özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. İkili ve üçlü tohum karışımları saf hatlara göre daha yüksek verim performansı göstermiş, BAYER 2 + BAYER 15 ikili karışımından % 50.7 ve BAYER 5 + BAYER 15 ikili karışımından % 44.0 olarak yüksek karışım etkinliği elde

edilmiştir. Bütün karışımlar kendisini oluşturan saf hatlardan daha yüksek yağ oranı vermiş, karışımların kendini oluşturan hatlara göre performans gücünü ifade eden karışım etkinliği bakımından en yüksek değer % 7.7 ile BAYER 2 + BAYER 5 + BAYER 15 üçlü karışımından elde edilmiştir. Genel olarak palmitik ve stearik asitler bakımından hatlar ve karışımlar arasında önemli bir fark bulunmazken, hatlar linoleik asit bakımından ve karışımlar ise oleik asit bakımından bir miktar daha yüksek oranlar vermiştir.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, aspir bitkisinde belirli sayıda saf hat ile ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde tohum karışımları yapılarak daha yüksek tarımsal performans elde edilebileceğini, karışımı oluşturan saf hatların açıkta tozlaştırılmasıyla bir sonraki üründe heterosis etkisi yaratarak tohum ve yağ verimi ile yağ oranında artış sağlanabileceğini göstermiştir. Ancak daha yüksek performans elde edilebilmesi için ön testler yapılarak uyum yetenekleri yüksek olan, aynı zamanda tohum özellikleri yönüyle fiziksel ve kimyasal heterojenliğe neden olamayacak hatlar belirlenip bunlardan hangileri ile hangi oranlarda tohum karışımının yapılması gerektiği konusunda detaylı araştırmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca hat karışımları ile bunları oluşturan saf hatların farklı iklim ve toprak koşulları ile farklı yetiştiricilik uygulamaları (örneğin ekim zamanı, ekim sıklığı, gübreleme ve sulama vd.) altında uzun yıllar karşılaştırmalı denemelerin yapılması gerekmektedir.

Bilgilendirme

Bu araştırma makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Ümmü BOZDAĞ tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

Arslan, B., Çakir, H., & Culpan, E. (2019). Yeni geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bazı özellikleri bakımından karşılaştırılması. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi, 113-120, Samsun.

- Ashri, A., Zimmer, E., Urie, L., & Ghaner, A., (1974). Evaluation of the world collection of safflower for yield components and their relationship. *Crop Science*, 14, 799-802.
- Bartholomew, S. B. (1971). Temperature effects on the fatty acid composition of developing in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). MS Thesis, University of California, United States of America.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2016). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'de verim, yağ ve oleik asit içeriği yüksek hat geliştirme ıslahı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2), 155-161.
- Baydar, H., & Gökmen, O. Y. (2003). Hybrid seed production in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) following the induction of male sterility by gibberellic acid. *Plant Breeding*, 122, 459-461.
- Baydar, H. (2016). Yağ bitkilerinde oleik asitçe zengin çeşitlerin ıslahında yaşanan gelişmeler. *TÜRKTOB Dergisi*, 20, 34-39.
- Beyyavaş, V., Haliloglu, H., Çopur, O., & Yılmaz, A. (2011). Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(4), 527-534.
- Biabani, A., Hashemi, M., & Herbert, S. J. (2008). Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. *Journal of Plant Production*, 2(3), 215-222.
- Boch, R. (1961) Honey bee activity on safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 41, 559-562.
- Bowden, R., Shoyer, J., Roozeboom, K., Claasen, M., & Evans, P. (2001). Performance of wheat variety blends in Kansas. *Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*, 128, 1-6.
- Castro, A. (2001). Cultivar mixtures. The Plant Health Instructor. Erişim adresi: <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/cultivarmixes/Pages/default.aspx>
- Channeshappa, M. G. (1980). Genetics of seed yield, oil content and other quantitative character in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 14(3), 463.
- Çamaş, N., & Esendal, E. (2006). Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Hereditas*, 143, 55-57.
- Dordas, C. A., & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 75-85.
- Erbaş, S., & Baydar, H. (2007). Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) sentetik erkek kısırlık tekniği ile elde edilmiş melez populasyonlardan hat geliştirme olanakları. 7. *Tarla Bitkileri Kongresi*, 370-374, Erzurum.
- Erbaş, S. (2012). Melezleme ıslahı ile tohum verimi, yağ ve oleik asit içeriği yüksek aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının geliştirilmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- FAO, (2021). Food and agriculture organization. food and agriculture data. Erişim adresi: <http://fenix.fao.org/faostat>
- Hill, A. Bç (1989). Hybrid safflower breeding. *Second International Safflower Conference*, 163-167, Hyderabad, India.
- Izquierdo, N., Aguirrezábal, L., Andrade, F., & Pereyra, V. (2002). Night temperature affects fatty acid composition in sunflower oil depending on the hybrid and the phenological stage. *Field Crops Research*, 77(2-3): 15-126.
- Johnson, R. C., Bergmann, J. W., & Flynn, C. R. (1999). Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions from USDA collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 611-618.
- Jokinen, K. (1991). Yield and competition in barley variety mixtures. *Agricultural and Food Science*, 63(4), 287-305.
- Knowles, P. F. (1969). Modification of quantity and quality of safflower oil through plant breeding. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 46(3), 130-132.
- Knowles, P. F. (1982). *Safflower genetics and breeding. in: improvement of oilseed and industrial crops by induced mutations*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Koç, H., Keleş, R., Ülker, R., Gümüşçü, G., & Ercan, B., (2010). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının verim, verim öğeleri ve kalite özellikleri ile bu özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2, 1-7.
- Liu, L., Guan, L., & Wang, L. (2016). A review of fatty acids and genetic characterization of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2(2), 48-52. <https://10.15806/j.issn.2311-8571.2016.0006>.
- Meena, H. P., Dudhe, M. Y., Mukta, N., & Lavanya, C. (2012). Heterosis breeding in safflower present status and future prospects under Indian scenario. *Journal of Oilseeds Research*, 29, 164-167.
- Mundt, C. C. (2002). Use of tillable cultivars and cultivar mixtures disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 381-410.
- Ngugi, H. K., King, S. B., Holt, J., & Julian, M. (2001). Simultaneous temporal progress of sorghum anthracnose and leaf blight in crop mixtures with disparate patterns. *Phytopathology*, 91, 720-729.
- Okonya, J. S., & Maass, B. L. (2014). Potential of cowpea variety mixtures to increase yield stability in subsistence agriculture: Preliminary results. *International Journal of Agronomy*, 515629, <https://doi.org/10.1155/2014/515629>
- Rubis, D. D. (1966). Effects of honey bee activity and cages on attributes of thin-hull and normal safflower lines. *Crop Science*, 6, 11-14.
- Shivani, D., Sreelakshmi, C. H., & Sameer Kumar, C. V. (2010). Heterosis and inbreeding depression for yield and yield

components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(6), 1492-1494.

- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach* (2nd. ed.) McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, Japon.
- Tooker, J., & Frank, S. (2012). Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *Journal of Applied Ecology*, 49(5), 974-985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x>.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi: <http://www.tuik.gov.tr>
- Velasco, L., Fisvher, M., & Fernandez-Martinez, J. M. (2012). Estimation of cross-fertilization rate in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 155-159.
- Wang, Y., Zhang, Y., Ji, W., Yu, P., Wang, B., Li, J., Han, M., Xu, X., & Wang, Z. (2016). Cultivar mixture cropping increased water use efficiency in winter wheat under limited irrigation conditions. *PLoS One*, 11(6), e0158439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158439>
- Weiss, E. A. (2000). *Safflower: Oilseed Crops*. Blackwell Science, Victoria, Australia.

Derim Sonrası Farklı Dozlarda Kekik ve Lavanta Yağının Fuji Elma Çeşidinin Kalite Korunumu Üzerine Etkileri

Elif GÜNER¹, Yasemin EVRENOSOĞLU*¹, Kerem MERTOĞLU¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 64-69, 2022

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 64-69, 2022

Öz: Daralan tarım alanlarının aksine sürekli artış eğilimi gösteren nüfus sebebiyle, tarımsal üretimde hasat öncesi ve hasat sonrası kayıpların minimuma indirgenmesi oldukça önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada yüksek etilen üretimine sahip elma türünün 'Fuji' çeşidine ait meyvelerde, hasat sonrası kayıpların minimize edilmesi amaçlanarak, kekik ve lavanta yağı uygulanmış ve sonuçlar bakımından bu amaçla ticari olarak en yaygın kullanıma sahip 1-MCP'ye alternatif olabileceği imkanları araştırılmıştır. Ağırlık kaybı bakımından kısa ve orta vadede umut verici sonuçlar alınsa da, uygulamaların etkinliği, muhafaza süresinin artışı ile düşüş göstermiştir. 9 aylık muhafaza süresinin sonunda kontrol grubunda yaklaşık %34.6'lık oranda meyve ağırlığı kaybının gerçekleştiği tespit edilirken, ümitvar görülen 400 ppm kekik ile 500 ve 600 ppm lavanta uygulamalarında ise bu değerler sırası ile %23.6, %26.4 ve %27.5 olarak tespit edilmiş olup, 1-MCP (%27.5) ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Depolama öncesi %0.33 olarak belirlenen titre edilebilir asitlik (TEA), kontrol grubunda, depolama süresi boyunca düzenli düşüş göstererek, depolama süresi sonunda %0.13 olarak ölçülmüştür. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), beklenildiği şekilde, muhafazanın erken döneminde yükselme göstermiş, devamında ise sürekli azalış gözlemlenmiştir. Dokuz aylık muhafaza sonuçları doğrultusunda, SÇKM ve TEA kaybının minimuma indirgenmesinde, 400 ppm kekik ve 500 ppm lavanta uygulamasının ümitvar olduğu sonucuna varılmıştır. İncelenen tüm özellikler bakımından 400 ppm kekik ve 500 ppm lavanta uygulamasının, hasat sonrası kayıpları azaltmak maksadı ile 1-MCP'ye alternatif olabilecekleri söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Elma, kekik, lavanta, muhafaza, kalite

The Effects of Different Doses of Thyme and Lavender Oil on Quality Preservation in Apple (cv. Fuji) After Harvest

Abstract: Contrary to the shrinking agricultural lands, it becomes very important to minimize the pre-harvest and post-harvest losses in agricultural production due to the constantly increasing population. In this study, thyme and lavender oil were applied to the fruits of the 'Fuji' variety of apple species with high ethylene production, with the aim of minimizing post-harvest losses, and the possibilities of being an alternative to 1-MCP, which is the most widely used commercially, were investigated in terms of results. Although promising results were obtained in the short and medium term in terms of weight loss, the effectiveness of the applications decreased with the increase in storage time. At the end of the 9-month storage period, it was determined that approximately 34.6% of fruit weight loss occurred in the control group, while these values were determined as 23.6%, 26.4% and 27.5% in the promising 400 ppm thyme, 500 and 600 ppm lavender applications, and similar results were obtained with 1-MCP (27.5%). Titratable acidity (TEA), which was determined as 0.33% before storage, showed a regular decrease during the storage period and was measured as 0.13% at the end of the storage period in the control group. As expected, the water-soluble dry matter increased in the early period of storage and decreased continuously afterwards. In line with the nine-month storage results, it was concluded that 400 ppm thyme and 500 ppm lavender applications are promising in minimizing the loss of SÇKM and TEA. In terms of all the properties examined, it can be said that 400 ppm thyme and 500 ppm lavender applications can be alternatives to 1-MCP in order to reduce post-harvest losses.

Keywords: Apple, thyme, lavender, storage, quality

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
yevrenosoglu@ogu.edu.tr

Alınış (Received): 03/03/2022
Kabul (Accepted): 27/07/2022

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
Eskişehir, Türkiye

1. Giriş

Elma üretim potansiyeli bakımından ülkemizin en önemli meyve türleri arasında yer almakta olup, farklı ekolojik koşullara adaptasyonu ve barındırdığı çeşit zenginliği ile üretimi vejetasyon boyunca sürdürülebilmektedir. İyileşen muhafaza şartları sayesinde neredeyse tüm yıl pazarda bulunabilen elma, sahip olduğu aroma sayesinde sevilen tüketilen yaygın bir meyvedir. Ayrıca antioksidan etki gösteren biyoaktif bileşikler bakımından da oldukça zengin olduğu bilinmektedir (Li vd., 2020; Mohammed vd.,2020; Wandjou vd.,2020). Ancak, etilen üretim miktarının oldukça yüksek olması sebebi ile hasat edilen meyvelerin depolanması sırasında meyve eti sertliği azalması, ağırlık ve biyoaktif madde kaybı gibi istenmeyen biyolojik ve fizyolojik olaylar sıklıkla gözlenmektedir (Sakar vd., 2014; Antunes ve Cavaco, 2010). Etilenin etkisinin azaltılmasının yanı sıra, depolama sırasında ortaya çıkan fizyolojik bozukluklara ve depo hastalıklarına dayanımın artırılabilmesi amacıyla gerçekleştirilen, hasat sonrası kimyasal uygulamalar mevcuttur. Ancak kimyasal uygulamaların büyük çoğunluğu meyvede kalıntıya sebebiyet vermekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu sebeple son dönemde insan, çevre ve canlı sağlığı üzerine herhangi bir risk oluşturmayan ürünlerin kullanımına yönelik çalışmalar artmıştır (Tural vd., 2017; İnanlı ve Kuzgun, 2012).

Uçucu yağlar doğru uygulanması durumunda kolayca parçalanabilme özelliğinde olan sekonder metabolitlerce zengin bileşiklerdir (İşcan, 2002). Bu sayede yüksek antibakteriyel, anti-viral, anti-fungal, anti-enflamatuvar, anti-septik, anti-parazitik, anti-toksijenik ve insektisidal etkileri bulunmaktadır (Aktepe vd., 2019). Ayrıca uçucu yağların, yenilebilir filmler içerisinde katkı maddesi olarak kullanılması durumunda, partikül çapını ve su buharı geçirgenliğini düşürerek iyileştirici etkide bulunduğu bildirilmektedir (Peng ve Li, 2014). Bu özellikleri ile hasat sonrası kayıpların azaltılmasında potansiyel barındıran uçucu yağlar, düşük dozlarda etki gösteren ekonomik bileşiklerdir (Öz ve Süfer, 2012; Maria vd., 2007).

Kekik yağı uygulaması yapılan elmalarda, pektin parçalanması ve ağırlık kaybının azaldığı belirtilirken, papaya da ise hastalık gelişimine bağlı kayıpların düştüğü bildirilmiştir (Espitia vd., 2012; Shirzadeh ve Kazemi, 2012). Kırmızı kekik ilave edilerek geliştirilen yenilebilir filmin, çileklere uygulanması ile raf ömründe uzamanın tespit edildiği bildirilmiştir (Vu vd., 2011). Vilaplana vd. (2018) tarafından ananasta yürütülen çalışmada ise kekik yağı uygulaması ile hastalıktan kaynaklı bozulmaların engellendiği ve nakliye süresinin uzatıldığı bildirilirken, kekik yağının duysal ve fizyolojik herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadığı rapor edilmiştir. Benzer pozitif etkiler lavanta yağı ile yürütülen farklı meyve

türlerine ait çalışmalarda da gözlenmiştir (Sumalan vd., 2020; Vilaplana vd., 2018; Sangsuwan vd., 2016).

Bu çalışmada, 'Fuji' elma çeşidinde, depolamada etkinliği bilinen 1-MCP uygulamasına, alternatif olabilecek, ekonomik, sağlık ve çevre dostu olduğu bilinen esansiyel yağlardan kekik ve lavantanın etkinlikleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, bitkisel materyal olarak, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi elma koleksiyon parselinde bulunan ve 2008 yılında MM106 anacına aşılı halde araziye dikilen 'Fuji' elma çeşidine ait meyveler kullanılmıştır.

Meyvelerin hasat zamanının tespit edilmesinde nişasta testinden faydalanılmıştır. Yönteme göre ekvatorial bölgeden kesilen elmalar %1'lik potasyum iyodür içerisinde 30 saniye bekletilmiş ve çekirdek evi ile etrafının henüz boyanmadığı (nişasta şekere dışarıdan çekirdek evine doğru parçalanır) dönem tespit edilmiş ve örneklemeler bu dönemde yapılmıştır (Karaçalı, 2012). Mekanik zarar, hastalık veya zararlıya maruz kalmış meyveler yapılan ön seleksiyon sonucunda elenmiştir. Kalan sağlam meyveler arasında irilik ve renklenme bakımından birbirine yakın görünen meyveler ile deneme kurulum aşamasına geçilmiştir.

2.1. 1-MCP uygulaması

1-MCP uygulaması Bayagro Tarım İlaçları Firmasında gerçekleştirilmiştir. SmartFresh™ uygulaması 1000 ppb dozunda yapılmış olup uygulama süresi 24 saat, uygulama sıcaklığı ise oda sıcaklığı (21-22 °C) olarak belirlenmiştir.

2.2. Esansiyel yağ uygulamaları

Saf su ile toz vb. yabancı maddelerden temizlenen elmalar zaman kaybetmeksizin, hazırlanan esansiyel yağ (yağlar bir miktar alkol içerisinde çözüldükten sonra su içerisine ilave edilmiştir) – saf su karışımının içerisine alınmıştır. Bu işlem daldırma yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup, meyveler karışımın içerisinde 2 dakika bekletilmiştir. Karışımların sıcaklıkları 21-22 °C aralığında olacak şekilde ayarlanmıştır. Kekik yağı için 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, lavanta yağı için ise 400 ppm, 500 ppm ve 600 pmm doz seviyeleri tercih edilmiştir. Kontrol grubu meyveler saf su ile muamele edilmiştir. Uygulamalar sonrası elmalar, 1 °C sıcaklık ve %85-95 oransal neme ayarlanmış depolarda 2 ay, 4 ay ve 9 ay boyunca depolanmıştır. Depolamadan önce ve belirtilen depolama sürelerinin sonunda aşağıda verilen özellikler bakımından ölçümler yapılarak, depolama için umut verici uygulamalar tespit edilmeye çalışılmıştır.

2.3. Pomolojik özelliklerin tespiti

Çalışmanın başında tartılarak etiketlenen meyveler, farklı kasalara yerleştirilerek, depoya alınmıştır. Her örnekleme döneminde çıkarılıp hızlıca tartılan bu meyveler zaman kaybetmeden tekrar depoya alınmıştır. Ağırlık kayıpları, 0.001 g hassasiyetteki terazi (Sartorius - CPA 16001S) ile tartılmış ve $(\text{İlk ağırlık} - \text{Dönem ağırlığı} / \text{İlk ağırlık}) \times 100$ formülüne göre hesaplanmıştır. Sertlik, ölçüm yapılacak yerin meyve kabuğu yüzeysel şekilde alındıktan sonra, 11.1 mm çapa sahip penetrometre ucunun meyve eti içinde sınır çizgisine kadar ilerlemesi sağlanacak şekilde belirlenmiş olup, sonuçlar N olarak ifade edilmiştir.

2.4. Kimyasal özelliklerin tespiti

Her bir uygulama grubunun meyveleri, depolama dönemlerinde yapılan ölçümlerden sonra diğerleri ile karıştırılmaksızın katı meyve suyu sıkacağı aracılığı ile meyve suyuna dönüştürülmüş ve whatman filtre kağıdı ile süzülükten sonra analizleri yapılabildiği kadar $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazaya alınmış ve analizlerden hemen önce santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Suda çözünebilir kuru madde miktarı dijital refraktometre (ATAGO-2312) aracılığı ile tespit edilmiş olup, sonuçlar % olarak verilmiştir. pH metrenin elektrot ucu meyve suyu içine batırılarak, dijital göstergede sabitlenen değer, pH olarak kaydedilmiştir. Titre edilebilir asitlik tayininde, meyve suları, fenolftalein indikatöründe, 0.1 N Sodyumhidroksit çözeltisi ile titre edilmiş ve sonuçlar, Karaçalı (2012)'ye göre hesaplanarak, malik asit cinsinden, % olarak ifade edilmiştir. C vitamini miktarının saptanmasında volumetrik titrasyon yöntemi kullanılmıştır. Yönteme göre nişasta indikatör olarak kullanılmış ve potasyum iyodür ile titre edilmiştir. Spinola vd. (2013) belirttiği formül doğrultusunda hesaplanmış ve sonuçlar $\text{mg } 100\text{ mL}^{-1}$ olarak verilmiştir. Toplam fenol miktarının tespit edilmesinde Folin-Ciocalteu yöntemi, Selcuk ve Erkan (2016)'ın belirttiği şekilde yürütülmüştür. Standart eğrinin hazırlanmasında, gallik asit kullanılmış ve sonuçlar mg GAE L^{-1} olarak ifade edilmiştir. Antioksidan aktivite analizleri, DPPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle meyve sularının tamamı karıştırılarak, %50 inhibisyon sağlayan numune konsantrasyonu (IC50), numunenin konsantrasyonlarına karşı inhibisyon yüzdeleri çizilerek hesaplanmıştır. Her örnekten tespit edilen, IC50 değeri kadar örnek alınarak, DPPH radikalini giderme kabiliyetleri Polat vd. (2018)'nin belirttiği yöntemle tespit edilmiş ve sonuçlar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

2.5. İstatistiksel yöntem

Çalışma tesadüf parselleri faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. İstatistiksel modelde, 3 farklı depolama süresi ile 2 farklı bitkisel kökenli yağ (3'er farklı doz) ve 1-MCP faktör olarak alınmıştır. Bağımlı değişkenlere ait

ölçümler 3'er tekerrürlü ve her tekerrürde 5'er meyve olacak şekilde yapılmıştır. Denemede uygulama konularının incelenen özellikler üzerine etkisini belirlemek için depolama süreleri ve uygulamalar arasında istatistik olarak bir farkın olup olmadığı ve ay*uygulama interaksiyon varlığı araştırılmıştır. Analizlerde, Minitab istatistik paket programı kullanılmıştır. Verilerin normal dağılımdan geldiği Smirnov testi ile verilerin homojenliği Levene testi ile belirlenmiştir. Sonrasında iki yönlü varyans analizi ile uygulama grupları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olup olmadığı araştırılmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Muhafaza süresince meyve ağırlık kaybı ve meyve eti sertliği bakımından hem faktörler (muhafaza süresi ve uygulamalar) hem de faktörlerin birbirleri ile olan interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 1).

Muhafaza öncesi 159.73 g olarak ölçülen meyve ağırlığı, 2 aylık muhafazanın ardından kontrol grubunda %18.1 azalarak, 130.82 g'a kadar düşüş göstermiştir. Hasat sonrası kayıpların azaltılması amacıyla ticari olarak yaygın kullanıma sahip 1-MCP uygulamasında ise ağırlık kaybı %5.7 olarak tespit edilmiştir. 400 ppm kekik (%1.6), 500 ppm lavanta (%4.1) ve 600 ppm lavanta (%4.3) uygulaması yapılan grupların, kısa süreli muhafaza bakımından 1-MCP'den daha etkili olduğu bulunmuştur. Benzer durum orta süreli muhafaza sonuçlarında gözlenirse de, 9 aylık muhafaza süresinin sonucunda tüm uygulamaların etkinliğini kaybettiği gözlemlenmiştir. Nitekim 9 aylık muhafaza süresinin sonunda kontrol grubunda yaklaşık %34.6'lık oranda meyve ağırlığı kaybının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kısa ve orta süreli muhafaza etkinliği bakımından ümitvar görülen 400 ppm kekik, 500 ppm lavanta ve 600 ppm lavanta uygulamalarında ise bu değerler sırası ile %23.6, %26.4 ve %27.5 olarak tespit edilmiş olup, 1-MCP (%27.5) ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Pektin parçalanması ile tersi şekilde eğilim gösteren meyve eti sertliği sonuçları da meyve ağırlığı ile paralel sonuçlar vermiştir. 69.7 N sertliğe sahip iken depolamaya alınan meyvelerin, 2. 4. ve 9. ay sonundaki ortalama sertlik değerleri sırası ile 58.03 N, 57.88 N ve 49.88 N bulunarak, muhafaza süresince düştüğü gözlemlenmiştir. Shirzadeh ve Kazemi (2012) tarafından 'Gala' çeşidi ile yürütülen çalışmada, kekik (300 ppm) ve lavanta yağının (500 ppm), meyve ağırlığı ve meyve eti sertliği kaybının önlenmesinde etkili olduğu bildirilmiş olup, muhafaza süresinin uzaması ile uygulamaların etkinliğinin daha da arttığı ifade edilmiştir. Solunum katsayısı düşük olan organik asitler, muhafaza döneminde seyreden metabolik döngüde öncelikle yıkıma uğratılan ürün grupları arasındadır (Karaçalı, 2012).

Tablo 1. Muhafaza boyunca 'Fuji' elma çeşidinde ağırlık kaybı ve meyve eti sertliği değerlerinin uygulamalara göre değişimi

Uygulama	Muhafaza Süresi	Ağırlık kaybı(%)	Meyve Eti Sertliği (N)
Depolama Öncesi	0 Ay	0	69.7 a
Kontrol	2 Ay	18.1 g-ı	56.0 c-e
1-MCP		5.7 a-c	63.6 b
Kekik 200 PPM		12.2 c-g	56.0 c-e
Kekik 300 PPM		13.8 d-h	54.0 c-f
Kekik 400 PPM		1.6 a	56.3 c-e
Lavanta 400 PPM		17.5 f-ı	52.0 e-g
Lavanta 500 PPM		4.1 ab	63.0 b
Lavanta 600 PPM	4.3 ab	63.3 b	
Kontrol	4 Ay	21.8 ij	51.3 e-g
1-MCP		14.8 d-h	62.3 b
Kekik 200 PPM		19.6 hı	53.6 d-f
Kekik 300 PPM		18.4 g-u	56.3 c-e
Kekik 400 PPM		11.0 c-e	59.3 bc
Lavanta 400 PPM		17.1 e-ı	54.3 c-f
Lavanta 500 PPM		11.2 c-f	63.6 b
Lavanta 600 PPM	8.5 b-d	62.3 b	
Kontrol	9 Ay	34.6 mn	42.0 ı
1-MCP		27.5 j-l	49.6 f-h
Kekik 200 PPM		29.8 k-m	58.3 b-d
Kekik 300 PPM		39.7 n	44.6 hı
Kekik 400 PPM		23.6 ı-k	52.6 e-g
Lavanta 400 PPM		31.2 lm	47.3 g-ı
Lavanta 500 PPM		26.4 j-l	53.0 d-f
Lavanta 600 PPM	27.5 j-l	51.6 e-g	
Ay		***	***
Uygulama		***	***
Ay×Uygulama		***	***

***: p-value <0.001

Depolama öncesi %0.33 olarak belirlenen titre edilebilir asitlik, kontrol grubunda, depolama süresi boyunca düzenli düşüş göstererek, depolama süresi sonunda %0.13 olarak ölçülmüştür. H⁺ iyonu taşıyan organik asitlerin parçalanması neticesinde, pH değerinde yükselme meydana gelmektedir (Polat vd., 2020). Nitekim TEA'nın tersine, hasat öncesi 3.84 düzeyinde tespit edilen pH değeri, muhafaza süresi sonunda 4.92'ye kadar yükselmiştir. SÇKM miktarı beklenildiği şekilde, muhafazanın erken döneminde yükselme göstermiş devamında ise sürekli azalış göstermiştir. Klimakterik özellik gösteren ve muhafazaya alınmak üzere klimakterik minimumda hasat edilmeye gayret gösterilen türlere ait meyvelerde, klimakterik maksimum noktasına kadar SÇKM değerinde yükselme olduğu ve bu noktadan sonra artık yaşlanmanın etkisi ile bu özellikte düşüşün görüldüğü farklı çalışmalar ile rapor edilmiştir (Kurubaş ve Erkan, 2018; Selcuk ve Erkan, 2015). Tüm bu özellikler bakımından faktörler ve interaksiyonları istatistiksel düzeyde önemlilik göstermiştir (Tablo 2). Dokuz aylık muhafaza sonuçları doğrultusunda, SÇKM ve TEA kaybının minimuma indirgenmesinde, 400 ppm kekik ve 500 ppm lavanta uygulamasının ümitvar olduğu sonucuna varılmıştır. Kekik yağı ile zenginleştirilmiş nanofiber film kullanımının çilekte organik asit

Tablo 2. Muhafaza boyunca 'Fuji' elma çeşidinde SÇKM, pH ve TEA değerlerinin uygulamalara göre değişimi

Uygulama	Muhafaza Süresi	SÇKM (%)	pH	TEA (%)
Depolama Öncesi	0 Ay	13.10 a-f	3.84 o	0.33 a
Kontrol	2 Ay	14.06 a-d	4.02 j-l	0.24 f-h
1-MCP		13.86 a-e	3.88 no	0.29 b
Kekik 200 PPM		8.76 gh	3.97 m	0.23 gh
Kekik 300 PPM		13.50 a-f	4.00 lm	0.22 hı
Kekik 400 PPM		10.90 e-h	3.84 o	0.27 b-d
Lavanta 400 PPM		12.46 b-f	4.12 h	0.16 k-l
Lavanta 500 PPM		13.43 a-f	3.89 n	0.28 bc
Lavanta 600 PPM	14.26 a-d	3.89 n	0.26 c-e	
Kontrol	4 Ay	12.70 b-f	4.51 e	0.15 l-m
1-MCP		13.93 a-e	4.07 ı	0.25 e-g
Kekik 200 PPM		15.16 ab	4.41 f	0.17 jk
Kekik 300 PPM		13.43 a-f	4.49 e	0.16 kl
Kekik 400 PPM		12.73 b-f	4.05 ı-k	0.25 d-f
Lavanta 400 PPM		16.00 a	4.35 g	0.19 j
Lavanta 500 PPM		14.90 a-c	4.06 ij	0.24 f-h
Lavanta 600 PPM	13.06 a-f	4.02 kl	0.28 bc	
Kontrol	9 Ay	10.53 f-h	4.92 a	0.13 n
1-MCP		13.06 a-f	4.68 d	0.21 ı
Kekik 200 PPM		8.43 h	4.81 b	0.14 mn
Kekik 300 PPM		12.43 b-f	4.94 a	0.16 kl
Kekik 400 PPM		12.16 b-f	4.67 d	0.22 hı
Lavanta 400 PPM		11.80 d-g	4.73 c	0.13 n
Lavanta 500 PPM		11.93 c-f	4.52 e	0.24 f-h
Lavanta 600 PPM	10.53 f-h	4.65 d	0.18 j-k	
Ay		***	***	***
Uygulama		***	***	***
Ay*Uygulama		***	***	***

***: p-value <0.01

parçalanmasını indirgediği tespit edilmiştir (Ansarifar ve Moradinezhad, 2021). 'Jonagold' ve 'Gala' çeşitlerinde, SÇKM düzeyi üzerinde, lavanta yağının belirgin bir etkisi bulunmazken, kekik yağı uygulaması ile SÇKM ve TEA stabilitesinin korunabileceği belirtilmiştir (Shirzadeh ve Kazemi, 2012; Rabiei vd., 2011).

Etken maddesi bir organik asit (askorbik asit) olan vitamin C özelliği beklenildiği şekilde TEA özelliği ile paralel şekilde sonuçlar göstermiştir. Hasat olumunda derilen meyveler fenolik bileşiklerce zengin olup, yeme olumuna doğru bu bileşiklerin miktarları düşmektedir.

Antioksidan etkisi yüksek olan bu kimyasalların, yüksek olduğu dönemde antioksidan aktivite de paralel şekilde yüksek olmaktadır. Ancak bu maddelerin yıkımı ile birlikte antioksidan aktivite miktarında düşüşler gözlenmektedir (Mertoğlu vd., 2021). Çalışma literatür ile uyumlu bulunmuş olup, muhafaza öncesinde sırası ile 230.71 mg GAE L⁻¹ ve %74.12 olarak tespit edilen toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite özellikleri, kontrol grubunda, muhafaza süresinin sonunda 89.19 mg GAE L⁻¹ ve %20.34 seviyelerine kadar düşüş göstermiştir. Bu

Tablo 3. Muhafaza boyunca 'Fuji' çeşidinde C vitamini, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerinin uygulamalara göre değişimi

Uygulama	Muhafaza Süresi	C Vitamini (mg/100 ml)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/L)	Antioksidan Kapasite (% inhibisyon)
Depolama Öncesi	0 Ay	3.93 a	230.71 c	74.12 a
Kontrol	2 Ay	2.66 ı-l	226.09 c	55.82 bc
1-MCP		3.64 ab	163.47 d	65.02 ab
Kekik 200 PPM		2.82 g-j	303.22 b	67.53 a
Kekik 300 PPM		3.14 c-g	341.18 a	64.65 ab
Kekik 400 PPM		3.19 c-f	272.46 b	65.03 ab
Lavanta 400 PPM		3.14 c-g	198.46 c	64.94 ab
Lavanta 500 PPM		3.49 bc	229.13 c	69.04 a
Lavanta 600 PPM		2.93 e-ı	225.57 c	69.07 a
Kontrol	4 Ay	2.90 f-ı	104.48 f-j	35.01 ef
1-MCP		3.30 b-d	103.36 f-j	53.21 c
Kekik 200 PPM		2.49 j-m	151.31 de	43.02 de
Kekik 300 PPM		3.04 d-h	132.69 d-f	54.99 bc
Kekik 400 PPM		3.04 d-h	111.07 f-j	39.32 de
Lavanta 400 PPM		2.91 e-ı	131.54 e-g	28.67 fg
Lavanta 500 PPM		3.31 b-d	115.61 f-ı	35.78 d-f
Lavanta 600 PPM		2.84 g-ı	100.62g-j	45.78 cd
Kontrol	9 Ay	2.26 m	89.19 ij	20.34 g-ı
1-MCP		3.26 c-e	86.59 ij	32.99 ef
Kekik 200 PPM		2.37 lm	131.95 ef	33.61 ef
Kekik 300 PPM		2.86 f-ı	121.02 e-h	34.41 ef
Kekik 400 PPM		2.69 ı-l	85.35 ij	14.32 hı
Lavanta 400 PPM		2.43 k-m	114.75 f-ı	10.55 ı
Lavanta 500 PPM		3.30 b-d	97.56 h-j	11.45 hı
Lavanta 600 PPM		2.77 h-k	79.91 j	20.91 gh
Ay		***	***	***
Uygulama		***	***	***
Ay×Uygulama		***	***	***

***: p-value <0.01

özelliklerin kombin şekilde korunması bakımından kekik uygulamaları, lavanta uygulamalarına göre daha etkili bulunmuştur. Kekik ve lavanta yağı uygulamalarının farklı meyve türlerinde, antioksidan etkisi yüksek kimyasalların yıkımını azalttığı ve bu sayede antioksidan aktivitenin korunmasında etkili olduğu bildirilmektedir (Ansarifar ve Moradinezhad, 2021).

4. Sonuç

Çalışma kapsamında farklı dozlarda uygulanan kekik ve lavanta yağlarının, 'Fuji' çeşidinin hasat sonrası performansı üzerine, 1-MCP'ye alternatif olabilme imkanları araştırılmıştır. Depolama esnasında meydana gelen teknik arızalardan kaynaklı, depolama etkinliği düşük düzeylerde görülmüştür. Çalışmada incelenen fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda uzun süreli depolamada kekik yağının 400 ppm dozu ile lavanta yağının 500 ppm ve 600 ppm dozlarının, 1-MCP uygulamasına alternatif olabilme potansiyelleri olmasına rağmen daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkürler

Çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 201723A124 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Çalışma, YE ve EG tarafından kurgulanmıştır. EG, YE ve KM, arazi ve laboratuvar çalışmalarına eşit oranda katkıda bulunmuşlardır. Makale EG tarafından ilk taslak olarak hazırlanırken, YE tarafından editlenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Aktepe, B. P., Mertoğlu, K., Evrenosoğlu, Y., & Aysan, Y. (2019). Farklı bitki uçucu yağların *Erwinia amylovora*'ya karşı antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 34-41.
- Ansarifar, E., & Moradinezhad, F. (2021). Preservation of strawberry fruit quality via the use of active packaging with encapsulated thyme essential oil in zein nanofiber film. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(9), 4239-4247.
- Antunes, M. D. C. & Cavaco, A. M. (2010). The use of essential oils for postharvest decay control: A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25, 351-366.
- Espitia, P. J. P., Soares, N. D. F. F., Botti, L. C. M., Melo, N. R. D., Pereira, O. L., & Silva, W. A. D. (2012). Assessment of the efficiency of essential oils in the preservation of postharvest papaya in an antimicrobial packaging system. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15, 333-342.
- İnanlı, A. G. & Kuzgun, N.K. (2012). Uçucu Yağlarla zenginleştirilmiş kitosan filmlerin antimikrobiyal aktivitesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 28-35.
- İşcan, G. (2002). *Umbelliferae* familyasına ait bazı bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitelerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 74.
- Karaçalı, İ. (2012). Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494.
- Kurubaş, M. S. & Erkan, M. (2018). Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of 'Ankara' pears during long-term storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(2), 88-96.
- Li, C. X., Zhao, X. H., Zuo, W. F., Zhang, T. L., Zhang, Z. Y., & Chen, X. S. (2020). Phytochemical profiles, antioxidant, and antiproliferative activities of four red-fleshed apple varieties in China. *Journal of Food Science*, 85(3), 718-726.
- Maria, A., Avena-Bustillos, J., Olsen, C., Friedman, M., Henika, P.R., Martin-Belloso, O., Pan, Z. & Mchugh, T.H. (2007). Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. *Journal of Food Engineering*, 81, 634-641.
- Mertoğlu, K., Eskimez, I., Polat, M., Okatan, V., Korkmaz, N., Gülbandılar, A., & Bulduk, I. (2021). Determination of anti-microbial and phyto-chemical characteristics of some blackberry cultivars. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(2A), 1789-1795.
- Mohammed, E. T. & Mustafa, Y. F. (2020). Coumarins from Red Delicious apple seeds: Extraction, phytochemical analysis, and evaluation as antimicrobial agents. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 11(2), 64-70.
- Öz, A.T. & Süfer, Ö. (2012). Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite üzerine yenilebilir film ve kaplamaların etkisi. *Akademik Gıda*, 10(1), 85-91.
- Peng, Y. & Li, Y. (2014). Combined effects of two kinds of essential oils on physical, mechanical and structural properties of chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 36, 287-293.
- Polat, M., Mertoglu, K., Eskimez, I. & Okatan, V. (2020). Effects of the fruiting period and growing seasons on market quality in goji berry (*Lycium barbarum* L.). *Folia Horticulturae*, 32(2), 1-11.
- Rabiei, V., Shirzadeh, E., Angourani, R.H. & Sharafi, Y. (2011). Effect of thyme and lavender essential oils on the qualitative and quantitative traits and storage life of apple 'Jonagold' cultivar. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(23), 5522-5527.
- Sakar E., Ünver H., Taş A. & Ak B. E. (2014). Meyvelerde 1-MCP(1-methylcyclopropene)'nin kullanım olanakları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(1), 46-52.
- Sangsuan, J., Pongsapakworawat, T., Bangmo, P. & Sutthasupa, S. (2016). Effect of chitosan beads incorporated with lavender or red thyme essential oils in inhibiting *Botrytis cinerea* and their application in strawberry packaging system. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 14-20.
- Selcuk, N. & Erkan, M. (2015). The effects of 1-MCP treatment on fruit quality of medlar fruit (*Mespilus germanica* L. cv. Istanbul) during long term storage in the palliflex storage system. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 81-90.
- Shirzadeh E. & Kazemi M. (2012). Effect of essential oils treatments on quality characteristic of apple (*Malus domestica* var. Gala) During Storage. *Trends in Applied Sciences Research*, 7(7): 584-589.
- Sumalan, R. M., Kuganov, R., Obistoiu, D., Popescu, I., Radulov, I., Alexa, E., Negrea, M., Salimzode, A. F., Sumalan, R. L., & Cocan, I. (2020). Assessment of mint, basil, and lavender essential oil vapor-phase in antifungal protection and lemon fruit quality. *Molecules*, 25(8), 1831.
- Tural, S. & Turhan, S. (2017). Properties and antioxidant capacity of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) by-product protein films containing thyme essential oil. *Food Technology and Biotechnology*, 55(1), 77-85.
- Vilaplana, R., Pérez-Revelo, K. & Valencia-Chamorro, S. (2018). Essential oils as an alternative postharvest treatment to control fusariosis, caused by *Fusarium verticillioides*, in fresh pineapples (*Ananas comosus*). *Scientia Horticulturae*, 238, 255-263.
- Vu, K. D., Hollingsworth, R. G., Leroux, E., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2011). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44(1), 198-203.
- Wandjou, J. G. N., Lancioni, L., Barbalace, M. C., Hrelia, S., Papa, F., Sagratini, G., Vittori, S., Dall'Acqua, S., Caprioli, G., Beghelli, D., Angeloni, C., Lupidi, G., & Maggi, F. (2020). Comprehensive characterization of phytochemicals and biological activities of the Italian ancient apple 'Mela Rosa dei Monti Sibillini'. *Food Research International*, 137, 109422.

Konya Ekolojik Şartlarında Kültürü Yapılan Aynisefa (*Calendula officinalis* L.) Bitkisinin Farklı Ekim Zamanlarının Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

İrem AYRAN*¹, Yüksel KAN¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 70-74, 2022

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 70-74, 2022

Öz: Bu araştırma, Konya ekolojik koşullarında dört farklı ekim zamanında yetiştirilen aynisefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin agronomik özelliklerini belirlemek amacıyla Selçuk Üniversitesi, Tıbbi ve Endemik Bitkiler Eğitim ve Araştırma Çiftliği'nde 2017 yılında yürütülmüştür. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; aynisefa bitkisinde, bitki boyu 33.28-35.65 cm, bitki başına çiçek sayısı 2.70-3.63 adet/bitki, bitki başına yaş çiçek verimi 1.63-2.94 g, bitki başına kuru (drog) çiçek verimi 0.28-0.44 g, yaş çiçek verimi 81.5-147.0 kg/da, kuru (drog) çiçek verimi 14.1-22.33 kg/da arasında değişmiştir. Günümüzde tıbbi ve kozmetik amaçlı olarak kullanım alanı gün geçtikçe artan aynisefa bitkisi, Asteraceae familyasına ait önemli bir türdür. Bitkinin turuncu renkteki çiçekleri gıda, kozmetik, boya maddesi olarak kullanılmakta olup geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarında kullanımı her geçen gün artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Agronomik özellikler, aynisefa, *Calendula officinalis* L., ekim zamanı

Determination of The Effect of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Cultured in Ecological Conditions of Konya on Agronomic Properties of Different Sowing Times

Abstract: This research was conducted to determine the effect of four different sowing time of marygold (*Calendula officinalis* L.), cultivated in Konya ecological conditions at Medicinal and Endemic Plants Education and Research Farm of Agriculture Faculty, Selcuk University, on agronomic feature in 2017. The results obtained from this research were ranged between 33.28-35.65 cm, 2.70-3.63 pieces/plant, 1.63-2.94 g, 0.28-0.44 g, 81.5-147.0 kg/da, 14.1-22.33 kg/da, for the plant height of marigold, the number of flower per plant, the yield of fresh flower per plant, the yield of drog flower per plant, the yield of fresh flower, the yield of drog flower, respectively. Marygold of usage area is increasing day by day for medicinal and cosmetic purposes, is an important species belonging to the Asteraceae family. The orange flowers of the plant are used as food, cosmetics and coloring matter, and its use in traditional and complementary medicine applications is increasing day by day.

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
irem.ayran@selcuk.edu.tr

Alınış (Received): 24/05/2022
Kabul (Accepted): 01/06/2022

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarla Bitkileri Bölümü,
Konya, Türkiye.

Keywords: Agronomic feature, marygold, *Calendula officinalis* L., sowing time

1. Giriş

Günümüzde tıbbi ve kozmetik amaçlı kullanım alanı gün geçtikçe artan aynisefa (*Calendula officinalis* L.), Asteraceae familyasına ait önemli bir türdür. Aynisefa, Türkiye'nin hemen her bölgesinde kültür formu olarak bulunmaktadır. Son zamanlarda aynisefa bitkisi üzerine başta kültüre alma çalışmaları olmak üzere ürün

geliştirme, kullanım ve ticareti ile ilgili yeni çalışmaların başlaması dikkat çekmektedir. Aynisefa bitkisinin çiçekleri sağlık sektöründe birçok hastalığın tedavisinde kullanımının yanısıra gıda, kozmetik ve boya maddesi olarak da kullanılmaktadır (Wilén vd., 2004). Ayrıca bitkinin çiçekleri geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarında; soğuk algınlığı, yara tedavisi, ateşli hastalıklar, böcek ısırıkları, bebek pişikleri, diş eti

hastalıkları, hemoroid, mide krampları, kabızlık, tansiyon düzenleyici, fitoterapi ve süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Gruenwald vd., 2004). Çok çeşitli sektörlerde kullanımı hızla artan aynısefa bitkisinden elde edilmiş fitofarmasötik özellikli ürünlerin ülkemizde üretilmesi son derece önem arz etmektedir. Aynısefa ürünlerine karşı artan talep dikkate alındığında, yakın gelecekte ülkemizde üretilmediği takdirde ithalatı başlayabilecek potansiyelde bir üründür.

Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) 30-60 cm arası boylanan, dalları tüylü, tek yıllık, otsu bir bitkidir. Aynısefa bitkisi parlak sarı ve turuncu renkte güzel çiçeklere sahiptir. Çiçeklerinin bazıları tek kat, bazıları ise katmerli ve kat kattır. Çiçek tablalarının boyutlarından renklerine farklılık gösteren birçok çeşide sahiptir (Król, 2012). Yazın başlarında çiçekler açmaya başlar, sonbahar sonuna kadar devam eder. Bitkinin çiçekleri güçlü kokuya sahiptir. Bitki basit yapraklı, yaprakları sapsız, kalın, tüylü ve açık yeşil renkli olup dikdörtgensiz-spatula şeklindedir. Bitkinin tüylü gövdesi çiçek tablalarıyla son bulmaktadır. Disk çiçekleri yalancı erdişilik gösterir, diskin etrafını çeviren ışın (dil) çiçekleri ise sarı ve turuncu renktedir. Aynısefa, 15-20 cm uzunluğunda kazık köke ve birçok yan köke sahip bir bitkidir. Olgunlaşan çiçekleri 5-6 mm uzunlukta, bej renkli ve virgül biçimli tohumlar üretir (Gruenwald vd., 2004; Khalid ve da Silva, 2012; Anonymous, 2017). Tohumlarının 1000 dane ağırlığı yaklaşık 5.4 gramdır (Shakib vd., 2010). Araştırmada kullanılan Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisi kısa vejetasyon süresine sahip olup vejetasyon süresince bol çiçeklenme özelliği gösterir. Tıbbi tedavi amacıyla bitkinin özellikle çiçekleri kullanılmaktadır.

Calendula, Orta İngiliz ve Antik Roma takvimindeki Latince *kalendae*'dan türemiş olup ayın ilk günü anlamına gelmektedir ve bitkinin çiçekleri güneşe benzediği için güneşin simgesi olarak düşünülmektedir. Ayrıca hristiyanların "Marigold" veya "Maribud" olarak isimlendirdikleri bu bitkinin kötülükleri uzaklaştırdığı inancıyla düğünlerde ve festivallerde kullandıkları ve bu bitkinin güzelliğiyle birçok şiire konu olduğundan "poet's marigold"un kısaltılmasıyla pot marigold ismini aldığı bilinmektedir (Basch vd.,2006; Khalid ve da Silva, 2012).

Ülkemizde halk arasında "aynısefa, altuncuk, kandil çiçeği, sefa çiçeği, sarıpat, şamdan çiçeği, ölü çiçeği, tıbbi nergis, portakal nergisi, çingene zamanı, öküzgözü" isimleriyle bilinir (Baytop, 1984; Deniz vd., 2010).

Ülkemizde üretimi olmayan kültür bitkilerinden aynısefa bitkisi, tarımının yaygınlaştırılması gereken bir tıbbi bitkidir. Mısır, Hindistan, Yunanistan, Arabistan ve İngiltere'de tarımı yapılmakta ve 12. yüzyıldan bu yana tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır (Basch vd., 2006; Khalid ve da Silva, 2012). Bitkinin üretimi tohumları ile yapılır ve toprak istekleri seçici olmamakla beraber besin

elementleri yeterli her toprak koşulunda kolaylıkla yetiştirilebilir. Bitki uzun gün bitkisidir, sıcak iklim şartlarını sever. Çimlenme için en iyi sıcaklık 16-17 °C arasındadır (Gesch, 2013; Joly vd., 2013; Eberle vd., 2014). Aynısefa bitkisinin hasadı, yetiştirildiği bölgenin ekolojik özelliklerine bağlı olarak farklı dönemlerde başlamakla birlikte İç Anadolu Bölgesi'nde haziran ayında başlar ve bitkinin çiçeklenme sezonu boyunca devam eder. Hasat edilen çiçekler gölgede yüksek olmayan sıcaklıklarda kurutulur. Aynısefa bitkisinde hasat işlemleri ılıman bölgelerimizde daha erken başlanırken rakımı yüksek bölgelerde daha geç başlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde doğal olarak bulunan ve ekolojik olarak kültüre alma potansiyeli yüksek olan aynısefa bitkisinin farklı koşullarda kültüre alma ve elde edilen ürünlerin bazı agronomik özelliklerinin araştırılmasıdır. Bu araştırma ile kültüre alınan aynısefa bitkisinden hareketle bitkisel kökenli, katma değeri yüksek, nitelikli hammaddelerin geliştirilmesine katkı sağlanması planlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin farklı ekim zamanlarının bazı bitkisel özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amacı ile Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tıbbi ve Endemik Bitkiler Eğitim ve Araştırma Çiftliği'nde 2017 yılının Mart-Ağustos ayları arasında yürütülmüştür. Araştırma, 4 farklı ekim zamanı belirlenerek "Tesadüf Blokları Deneme Desenine" göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekim, sıra arası 20 cm ve sıra üzeri 10 cm olacak şekilde 2-3 cm toprak derinliğine yapılmıştır. Boyutları 2.0 m × 3.0 m (6.0 m²) olan her bir alt parsel 10'ar bitki sırası olacak şekilde ekime hazır hale getirilmiştir. Ekimler, hava şartları göz önünde bulundurularak ortalama 20-25 günlük aralıklarla sırası ile 9 Mart 2017, 3 Nisan 2017, 27 Nisan 2017 ve 17 Mayıs 2017 tarihlerinde yapılmıştır. Parsel kenarlarından 1'er sıra ve parsel başından 50 cm olacak şekilde kenar tesiri atılarak bitkiler elle hasat edilmiştir.

Denemede herhangi bir gübreleme yapılmamış, bitkilerin içinde gelişen yabancı otlar periyodik olarak temizlenmiştir. Yağmur yağışının olmadığı sürece haftada iki kez damlama sulama ile sulama yapılmıştır.

Konya sahip olduğu coğrafi konum itibarıyla, yarı kurak (yazlar kurak ve sıcak, kışlar ise soğuk ve yağışlı) iklim özelliklerine sahip karasal iklim kuşağında yer almaktadır (Anonim, 2016). Yetiştirme döneminde Eylül ayına kadar alınan verilerde maksimum ve minimum sıcaklıklar sırasıyla 26.78 °C ve 2.78 °C iken ortalama sıcaklık 13.34 °C'dir (Anonim, 2017).

Toprak örneklerine ait analiz sonuçlarına göre toprak derinliği 0-40 cm'dir. Deneme toprağının ihtiva ettiği kil,

silt ve kum minerallerinin dağılımları sırasıyla %18.3, %14.3, %67.4 olup toprak tekstür sınıfı kumlu- tınlı olarak tayin edilmiştir. pH bakımından hafif alkali (8.1) ve kireçli (CaCO_3 değeri %31.3) olan toprak organik madde (%2.9) bakımından zengindir. Ayrıca toprak fosfor içeriği bakımından zengin, mangan bakımından ortalama seviyede ve diğer iz elementleri düşük seviyededir.

Araştırmaya ait verilerin istatistiksel analizleri "Tesadüf Blokları Deneme Deseni"ne göre TARİST paket programı kullanılarak DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Konya ekolojik koşullarında yetiştirilen aynısefa bitkisinde farklı ekim zamanlarına göre incelenen bitkisel özellikler Tablo 1'de verilmiş olup sırasıyla ortalama bitki boyu (cm), bitki başına çiçek sayısı (adet/bitki), bitki başına yaş çiçek verimi (g/bitki) ve drog çiçek verimi (g/bitki), yaş çiçek verimi (kg/da) ve kuru çiçek verimi(kg/da)'dir.

3.1. Ortalama bitki boyu (cm)

Bu çalışmada aynısefa bitkisinde farklı ekim zamanlarının bitki boyuna etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamış olup rakamsal olarak değerler incelendiğinde en yüksek bitki boyu 2. ekim zamanında ekimi yapılan bitkilerden (35.65 cm) elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 1. ekim zamanında (33.98 cm) ve 3. ekim zamanında (33.88 cm) ekilen tohumlardan elde edilmiştir. Kareem vd. (2014) ve Honório vd. (2016) tarafından da bildirildiği gibi bitki boyları sırasıyla 21-31 cm ve ortalama 37 cm olup, yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca elde edilen sonuçlar Metwally vd. (2013)'nin çalışmasından elde edilen sonuçlarla (35.7-39.3 cm) da benzerlik göstermektedir. Aynısefa bitkisinde ekim zamanlarının bitki boyu üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz olması nedeniyle üzerinde çalıştığımız diğer ekim zamanlarında da [1. ekim zamanı (9 Mart 2017); 3. ekim zamanı (27 Nisan 2017); 4. ekim zamanı (17 Mayıs 2017)] ekimi yapılabilir.

3.2. Bitki başına çiçek sayısı (adet/bitki)

Aynısefa bitkisine ait elde edilen çiçek sayıları üzerine ekim zamanlarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ve bitki başına çiçek sayısı incelendiğinde (Tablo 1) en yüksek çiçek sayısı 2. ekim zamanında 3.63 adet iken, bunu sırasıyla 1. ekim zamanı 3.53 adet, 4. ekim zamanı 3,36 adet bulunmuştur. En düşük bitki başına çiçek sayısı 3. ekim zamanında 2.70 adet olarak tespit edilmiştir. Aynısefa bitkisinin bitki başına çiçek sayıları üzerine yapılan araştırmada Kareem vd. (2014), bitki başına toplam çiçek sayısını 4 ile 8 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz en yüksek çiçek sayısı (3.63 adet) ile diğer araştırmada bulunan çiçek sayısı arasındaki farklılıklar çeşit, ekolojik şartlar, ekim zamanları ve bakım işlemleri gibi faktörlerden kaynaklandığı söylenebilir. Berimavandi vd. (2011), bizim çalışmamızla benzer olarak ekim tarihinin bitki başına çiçek sayısına etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bielski ve Szwejkowska (2013) tarafından yapılan bir çalışmada gübrelemenin bitki başına çiçek sayısı üzerine etkisi incelenmiş ve yapılan gübreleme miktarına bağlı olarak, bitki başına çiçek sayısını ortalama en düşük 2.1 adet (kontrol grubu) olarak belirlenirken, bitki başına çiçek sayısını ortalama en yüksek 19.5 olarak tespit etmişlerdir. Konya ekolojik koşullarında gübreleme yapılmaksızın yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar arasındaki farklılık diğer çalışmada yapılan gübrelemeden kaynaklı olabilir. Gomes vd. (2007)'ı diğer bitkilerde olduğu gibi aynısefa bitkisinde de bitki yoğunluğunun verimi etkilediğini, bunun sebebinin su, ışık ve besin maddeleri için rekabete giren bitkilerin veriminde azalmanın ihtimal dahilinde olduğuna dikkat çekmişlerdir. Çiçek sayısı bitki yoğunluğunun artması ile artmış ve bitki sıra arasındaki artış ile azalmıştır.

3.3. Bitki başına yaş çiçek verimi (g/bitki)

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiki analizlerine göre, farklı ekim zamanlarının aynısefa bitkisinde bitki başına yaş çiçek verimi (g/bitki) üzerine etkisi istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Bitki başına yaş çiçek verimi (g/bitki) değerlendirildiğinde en yüksek 2. ekim

Tablo 1. Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinde farklı ekim zamanlarından elde edilen bazı agronomik değerler

Ekim Zamanı	Ortalama Bitki Boyu (cm)	Bitki Başına Çiçek Sayısı (adet/bitki)	Bitki Başına Yaş Çiçek Verimi (g/bitki)	Bitki Başına Drog Çiçek Verimi (g/bitki)	Yaş Çiçek Verimi (kg/da)	Kuru Çiçek Verimi (kg/da)
1. Ekim Zamanı (9 Mart 2017)	33.98	3.53	2.54 ^{ab}	0.40	127.33 ^{ab}	20.00
2. Ekim Zamanı (3 Nisan 2017)	35.65	3.63	2.94 ^a	0.44	147.00 ^a	22.33
3. Ekim Zamanı (27 Nisan 2017)	33.88	2.70	1.63 ^c	0.28	81.50 ^c	14.10
4. Ekim Zamanı (17 Mayıs 2017)	33.28	3.36	1.99 ^{bc}	0.34	99.66 ^{bc}	17.00

zamanında 2.94 g/bitki olmuştur. Bunu azalan sırası ile 1. ekim zamanında 2.54 g/bitki; 4. ekim zamanında 1.99 g/bitki ve 3. ekim zamanı 1.63 g/bitki izlemiştir. Bu çalışmada 2. ekim zamanı (3 Nisan 2017) aynısefa bitkisinin bitki başına yaş çiçek verimi için en uygun ekim zamanı olup, Konya ekolojik koşullarında nisan ayının ilk haftası ekim yapılması önerilebilir. Bielski ve Szwejkowska (2013) tarafından yapılan çalışmada bitki başına yaş çiçek verimi ortalama en düşük 3.33 g/bitki (kontrol grubu) iken, ortalama en yüksek 27.22 g/bitki (maksimum gübre dozu) olarak belirlenmiştir. Yapmış olduğumuz araştırma sonuçlarına göre bitki başına yaş çiçek verimi gübresiz koşullarda en yüksek 2.94 g/bitki olarak tespit edilmiş olup, yukarıda bahsedilen araştırmanın kontrol grubuyla benzer sonuçlar göstermektedir. Diğer araştırmadaki farklılık uygulanan gübrelemeden kaynaklı olduğu söylenebilir.

3.4. Bitki başına drog çiçek verimi (g/bitki)

Araştırma sonuçları incelendiğinde aynısefa bitkisine ait bitki başına drog çiçek verimi (g/bitki) üzerine ekim zamanlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ve görüldüğü üzere en yüksek bitki başına drog çiçek verimi (g/bitki) 2. ekim zamanında (0.44 g/bitki) elde edilirken, bunu sırasıyla 1. ekim zamanı (0.40 g/bitki), 4. ekim zamanı (0.34 g/bitki) ve en düşük verim ile 3. ekim zamanı (0.28 g/bitki) takip etmiştir. Berimavandi vd. (2011) tarafından yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlar 1.22 ile 4.10 g/bitki arasında değişmiştir. Bu çalışmada elde edilen bitki başına drog çiçek veriminin düşük olması bitki sıklığından kaynaklı olmakla birlikte araştırma alanlarının farklı yetiştirme ve ekolojik koşullarından kaynaklı olduğu söylenebilir.

3.5. Yaş çiçek verimi (kg/da)

Bu çalışmadan elde edilen verilerin istatistiki analizlerine göre, farklı ekim zamanlarının aynısefa bitkisinde yaş çiçek verimi (kg/da) üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yaş çiçek verimi (kg/da) bakımından en yüksek 2. ekim zamanında 147.0 kg/da olmuştur. Yaş çiçek verimleri diğer ekim zamanlarında sırası ile 1. ekim zamanında 127.33kg/da, 4. ekim zamanında 99.66 kg/da ve 3. ekim zamanı 81.50 kg/da olarak elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 2. ekim zamanı aynısefa bitkisinin bitki başına çiçek veriminin önemli bulunduğu en uygun ekim zamanı olup, Konya ekolojik koşullarında nisan ayının ilk haftası ekim yapılması uygun olacağı söylenebilir. Król (2012) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen yaş çiçek verimi (84.9-166.1 kg/da) ile yürüttüğümüz çalışmadan elde edilen sonuçlar (81.5-147.0 kg/da) benzerlik göstermektedir.

3.6. Kuru çiçek verimi (kg/da)

Aynısefa bitkisinin kuru çiçek verimi (kg/da) değerlendirildiğinde en yüksek kuru çiçek verimi 2. ekim

zamanında ekimi yapılan bitkilerden (22.3 kg/da) elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 1. ekim zamanında (20.0 kg/da) ve 4. ekim zamanı (17.0 kg/da) ve 3. Ekim zamanı (14.1 kg/da) izlemiştir. Üç farklı ekim zamanı (30 Mart, 14 Nisan ve 30'uncu) ve üç farklı sıra aralığının (10, 20 ve 30 cm) aynısefa bitkisinin çiçeklenmesi üzerine etkisi araştırılmış ve bitki yoğunluğunun ve ekim tarihinin, bitki kuru ağırlığı üzerine önemli etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Seghatoleslami ve Mousaavi, 2007). Aynısefa bitkisinin kuru çiçek verimindeki diğer araştırmalardan elde edilen veriler ile karşılaştırıldığında oluşan farklılıkların çeşit, bitki sıra arası mesafesi, bakım işlemleri, yetiştirme ve ekolojik koşullardan kaynaklandığı söylenebilir. Konya ekolojik koşullarında aynısefa için en yüksek kuru çiçek verimi (kg/da) elde edilmesi için, ekim tarihinin 2. ekim zamanının en uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

4. Sonuç

Konya ekolojik koşullarında yürütülen bu araştırma sonuçları dikkate alındığında; farklı ekim zamanlarında ekimi yapılan aynısefa bitkisinde belirlenen en yüksek verim değerleri nisan ayının ilk haftası yapılan ekimde belirlenmiştir. Bu değerler; bitki boyu 35.65 cm, bitki başına çiçek sayısı 3.63 adet/bitki, bitki başına yaş çiçek verimi 2.94 g/bitki, bitki başına drog çiçek verimi 0.44 g/bitki, yaş çiçek verimi 147.00 kg/da, drog çiçek verimi 22.33 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada Konya ekolojik şartlarında aynısefa bitkisinden iyi verim elde edebilmek için en geç nisan ayının ilk yarısında ekiminin yapılması uygun bulunmuştur. Aynısefa bitkisi Konya ve benzer ekolojilerde başarılı bir şekilde yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuca ilaveten iklim faktörlerinin değişebileceği göze alınarak araştırma birkaç yıl devam ettirilebilir ve farklı lokasyonlarda aynısefa bitkisinin yetiştiriciliği yapılarak tarım alanlarının değerlendirilmesinde kullanılabilecek alternatif tıbbi ve aromatik bitkiler arasında bir potansiyelinin olduğu söylenebilir.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

Anonim, 2016. Konya il çevre durum raporu. Erişim adresi <http://www.cbs.gov.tr>

- Anonim, 2017. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim adresi <http://www.mgm.gov.tr>: [10.10.2017].
- Anonymous, 2017. Calendula. Erişim adresi <http://en.m.wikipedia.org>
- Basch, E., Bent, S., Foppa, I., Haskmi, S., Kroll, D., Mele, M., Szapary, P., Ulbricht, C., Vora, M., & Yong, S. (2006). Marigold (*Calendula officinalis* L.) an evidence-based systematic review by the natural standard research collaboration. *Journal of herbal pharmacotherapy*, 6(3-4), 135-159. https://doi.org/10.1080/J157v06n03_08
- Baytop, T., 1984, *Türkiyede bitkiler ile tedavi: geçmişte ve bugün*. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul Üniversitesi.
- Bielski, S., & Szwejkowska, B. (2013). Effect of fertilization on the development and yields of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Herba Polonica*, 59(2), 5-12. <https://doi.org/10.2478/hepo-2013-0007>
- Berimavandi, A. R., Hashemabadi, D., Ghaziani, M. V. F., & Kaviani, B. (2011) Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential oil of *Calendula officinalis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (20), 5110-5115.
- Deniz, L., Serteser, A., & Kargioğlu, M. (2010). Uşak Üniversitesi ve yakın çevresindeki bazı bitkilerin mahalli adları ve etnobotanik özellikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 57-72.
- Eberle, C. A., Forcella, F., Gesch, R., Peterson, D., & Eklund, J. (2014). Seed germination of calendula in response to temperature. *Industrial Crops and Products*, 52, 199-204. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.031>
- Gesch, R. W. (2013). Growth and yield response of calendula (*Calendula officinalis*) to sowing date in the northern US. *Industrial Crops and Products*, 45, 248-252. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.046>
- Gruenwald, J., Brendler, T., & Jaenicke, C. (2004). PDR for Herbal Medicines (4nd. Ed.). Londra.
- Gomes, H. E., Vieira, M. C., & Heredia, Z. N. A. (2007). Density and plant arrangement on *Calendula officinalis* L. yield. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*, 9(3), 117-123.
- Honório, I. C. G., Bonfim, F. P. G., Montoya, S. G., Casali, V. W. D., Leite, J. P. V., & Cecon, P. R. (2016). Growth, development and content of flavonoids in calendula (*Calendula officinalis* L.). *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38, 69-75. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i1.25976>
- Joly, R., Forcella, F., Peterson, D., & Eklund, J. (2013). Planting depth for oilseed calendula. *Industrial Crops and Products*, 42, 133-136. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.016>
- Kareem, A., Saeed, S., & Hammad, H. M. (2014). Growth and performance of *Calendula officinalis* L. on different crop residues. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(5), 98-101.
- Khalid, K. A., & Da Silva, J. T. (2012). Biology of *Calendula officinalis* Linn.: focus on pharmacology, biological activities and agronomic practices. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 6(1), 12-27.
- Król, B. (2012). Yield and chemical composition of flower heads of selected cultivars of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 11(1), 215-225.
- Metwally, S. A., Khalid, K. A., & Abou-leila, B. H. (2013). Effect of water regime on the growth, flower yield, essential oil and proline contents of *Calendula officinalis*. *Nusantara bioscience*, 5(2), 65-69. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n050203>
- Shakib, A. K., Nejad, A. R., & Khalighi, A. (2010). Changes in seed and oil yield of *Calendula officinalis* L. as affected by different levels of nitrogen and plant density. *Res. Crops*, 11, 728-732.
- Seghatoleslami, M. J., & Mousavi, G. R. (2007). The effects of sowing date and plant density on seed and flower yield of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *I International Medicinal and Aromatic Plants Conference on Culinary Herbs* 826, 371-376.
- Wilén, R. W., Barl, B., Slinkard, A. E., & Bandara, M. S. (2004). Feasibility of cultivation calendula as a dual purpose industrial oilseed and medicinal crop. *Acta Horticulturae*, 199-206.

Türkiye’de Yemelik Tane Baklagiller Üretimi, Tarım Politikaları ve Dış Ticaretin Rekabet Gücü Analizi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 75-87, 2022

Bektaş KADAKOĞLU*¹, Bahri KARLI¹

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 75-87, 2022

Öz: Bu çalışmanın amacı; dünya ve Türkiye’de yemelik tane baklagiller üretiminde rekabet gücü analizi ve tarımsal destekleme politikalarının gelişimi ortaya konularak Türkiye’de yemelik tane baklagiller üretiminde ve ticaretinde mevcut politikaların etkinliklerini artırmaya yönelik önerilerin geliştirilmesidir. Türkiye’de, 2021 yılında 1 050 bin ton yemelik tane baklagiller üretilmiş olup bunun %45.22’si nohut, %29.03’ü fasulye ve %21.70’i kırmızı mercimektir. 2020 yılında yemelik tane baklagiller dış ticaretinde yaklaşık 38 milyon dolar dış ticaret fazlası verilmiştir. Rekabet gücü analizinde Balassa’nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksi (AKÜ) kullanılmıştır. Rekabet gücü indeks ortalaması 4.41 olarak hesaplanmış ve Türkiye’nin yemelik tane baklagiller ihracatında karşılaştırmalı üstünlüğünün yüksek olduğu belirlenmiştir. Tarımsal destekleme politikası 1941 yılında Toprak Mahsulleri Ofisi’nin (TMO) yemelik tane baklagiller alımı ile başlamış, 1982 yılında Nadas Alanlarının Daraltılması (NAD) projesi ile beraber 1994 yılı Ekonomik İstikrar Kararlarına kadar devam etmiştir. Yemelik tane baklagiller üretiminde 2005 yılında başlayan mazot ve gübre desteği, 2008 yılında başlayan prim desteği, 2009 yılında başlayan sertifikalı tohum kullanım/üretim desteği ve 24 yıl aradan sonra 2018 yılında tekrar başlayan TMO’nun yemelik tane baklagiller ürün alımları başlıca politika araçlarıdır. Türkiye’de yemelik tane baklagiller üretiminde etkin ve zamanında uygulanan destekleme politikalarının üretimi artırdığı, destekleme politikalarının etkinliğinin düştüğü ve uygulamadan zamansız kaldırıldığı dönemlerde de üretimin azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yemelik tane baklagiller, üretim, dış ticaret, tarımsal destekleme politikası, rekabet gücü analizi

The Production, Agricultural Policies and Competitiveness Analysis of Foreign Trade of Edible Grain Legumes in Türkiye

Abstract: This study aims to develop suggestions to increase the effectiveness of their current policies in the production and trade of edible legumes in Türkiye and reveal the competitiveness analysis and the development of agricultural support policies in the production of edible legumes in the world and Türkiye. In Türkiye, the amount of edible legumes was 1 050 thousand tons in 2021, which consist of 45.22% chickpeas, 29.03% beans, 21.70% red lentils, 3.33% green lentils, 0.72% bean, pea, and cowpea. In 2020, the foreign trade surplus of edible legumes occurred at approximately 38 million dollars. Balassa’s Revealed Comparative Advantage Index (RCA) was used in the competitiveness analysis. The competitiveness index average was calculated as 4.41 and, hence; it was determined that Türkiye has a high comparative advantage in the export of edible legumes. The agricultural support policy began in 1941 with the purchase of edible legumes from the Turkish Grain Board (TMO) and continued until the Economic Stability Decisions of 1994 with the Fallow Narrowing Project (NAD) in 1982. They are the main policy tools that TMO’s food legumes product purchases, which started again in 2018 after 24 years, in the production of edible legumes, diesel and fertilizer support started in 2005, premium support started in 2008, certified seed use/production support started in 2009. It is determined that effective and timely support policies in Türkiye increase production, while it decreases in the periods when the effectiveness of the support policies decreases and is removed from the application untimely.

Keywords: Edible grain legumes, production, foreign trade, agricultural support policy, competitiveness analysis

***Sorumlu yazar (Corresponding author)**
bektaskadakoğlu@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 21/06/2022
Kabul (Accepted): 12/07/2022

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü,
Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Baklagiller içerdiği protein ve aminoasit bakımından besin değeri yüksek, ekim nöbetine uygun, kazık kökleri sayesinde toprağın derinlerine inerek toprağı kullanmakta ve toprakta azotu tutarak toprak verimliliğini artırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı üreticiler ve tüketiciler tarafından tercih edilen temel bir gıda ürünüdür.

İnsan beslenmesinde bitkisel kaynaklı proteinlerin %22’sinin, karbonhidratların %7’sinin, hayvan beslenmesinde ise proteinlerin %38’inin, karbonhidratların %5’inin yemelik tane baklagiller tarafından karşılandığı belirtilmektedir (Adak vd., 2010). Ayrıca baklagiller insan beslenmesinin yanında tıbbi bitki olarak ilaç endüstrisinde, hayvan beslenmesi olarak yem sanayinde, kozmetik sanayinde, mobilya ve kâğıt sanayilerinde ve süs bitkisi olarak da kullanılmaktadır (Önder, 2017). Kullanım alanları oldukça çeşitlidir.

Türkiye’de 2021 yılında 912 325 hektar alan kuru baklagil üretimi yapılmış olup toplam işlenen tarım alanları içerisindeki payı %4.60’dır. Kuru baklagiller içerisinde nohut 487 886 hektar alan ve %53.48’lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. Nohudu sırasıyla; kırmızı mercimek 260 200 hektar alan ve %28.52 pay, fasulye 107 796 hektar alan ve %11.82’lik pay, yeşil mercimek 48 159 hektar alan ve %5.28’lik pay, bakla 2 796 hektar alan ve %0.31’lik pay, börülce 1 245 hektar alan ve %0.14’lük pay, bezelye 679 hektar alan ve %0.07’lik pay ile takip etmektedir. Diğer kuru baklagiller ise (burçak, buy ve mürdümük) 1 446 hektar alan ve %0.39’luk paya sahiptir (TÜİK, 2022a).

Türkiye’de tahıl, sebze ve meyve ürünlerinde rekabet gücünün analiz edildiği (Yercan ve Işıklı, 2007; Serin ve Civan, 2008; Fidan, 2009; Çoban vd., 2010; Şahinli, 2014; Erkan vd., 2015; Özden, 2015; Peker, 2015; Bashimov, 2017; Ketenci ve Bayramoğlu, 2018; Balcı ve Giray, 2020; Bayav ve Çetinbaş, 2021) çalışmalar literatürde bulunmaktadır.

Bu çalışmada ise dünya ve Türkiye’nin tarımsal faaliyeti içerisinde önemli bir ürün grubu olan yemelik tane baklagillerin üretim ve dış ticaret yapıları incelenmiş, rekabet gücü analizi yapılarak yemelik tane baklagiller ihracatı yapan ülkelerin karşılaştırmalı üstünlükleri belirlenmiştir. Ayrıca Türkiye’de uygulanan tarımsal destekleme politikalarının gelişimi ortaya konulmuştur. Bu amaçlar çerçevesinde çalışmanın üretim ve dış ticaret politikalarına katkı sunacağı beklenmektedir.

2. Materyal ve Metot

Araştırmanın ana materyaline ait veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Ticaret Merkezi (ITC-TRADE-MAP) ve

Tarım ve Orman Bakanlığı verilerinden elde edilmiştir. Ayrıca sektör raporları, ulusal ve uluslararası alanlarda yayınlanmış akademik çalışmalardan da yararlanılmıştır.

Yemelik tane baklagillerin ekim alanı, üretim miktarı, verim ve dış ticaret değerlerine ilişkin verilerin indeks hesaplamaları yapılarak yorumlanmıştır. Ürün fiyatları ve tarımsal desteklemeler cari fiyatlardan reel fiyatlara dönüştürülerek yorumlanmıştır. Dönüştürme işleminde TÜİK 2003 bazlı ÜFE deflatörü kullanılmıştır. Yemelik tane baklagiller sektörünün rekabet gücü analizinde kullanılan veriler 2010-2020 yıllarını kapsamaktadır ve TRADEMAP veri tabanından elde edilmiştir.

Yemelik tane baklagiller sektörünün rekabet gücü analizinde Balassa (1965) tarafından geliştirilen Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler İndeksi (AKÜ) kullanılmıştır.

Balassa’nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük İndeksi 1 numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$AKÜ_j^i = \frac{x_j^i / \sum x^i}{\sum x_j^w / \sum x^w} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de; $AKÜ_j^i$: i ülkesinin j ürününde sahip olduğu Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük İndeksini, x_j^i : i ülkesinin j ürünü ihracat değerini, $\sum x^i$: i ülkesinin toplam ihracat değerini, $\sum x_j^w$: dünya j ürünü toplam ihracat değerini, $\sum x^w$: dünya toplam ihracat değerini ifade etmektedir.

Çalışmada AKÜ değerleri Hinloopen ve Marrewijk (2001)’in yaklaşımı ile yorumlanmıştır. AKÜ değerinin 1’den büyük olması, i ülkesinin j sektöründe karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olduğu anlamına gelmektedir. AKÜ değerleri dört grup halinde değerlendirilmiştir. AKÜ değeri 0-1 aralığında olan ülkelerin herhangi bir karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olmadığı ve karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu, AKÜ değeri 1-2 aralığında olan ülkelerin zayıf bir karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu, AKÜ değeri 2-4 aralığında olan ülkelerin orta derecede karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu ve AKÜ değeri 4’ten büyük olan ülkelerin ise yüksek derecede karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu belirtilmiştir (Hinloopen ve Marrewijk, 2001).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Dünya ve Türkiye’de yemelik tane baklagiller üretim ve dış ticareti

Dünya yemelik tane baklagiller üretimindeki gelişmeler 1961-2020 yılları arasında değerlendirildiğinde, 1961-1963 yılları ortalamasında 55 milyon 955 bin hektar olan yemelik tane baklagil ekim alanı incelenen dönemde %42.21 artarak 2020 yılında 79 milyon 572 bin hektara

yükselmiştir. Bir önceki dönem olan 2019 yılına göre ise ekim alanı %4.27 oranında artmıştır. 2020 yılında yemelik tane baklagil ekim alanları içerisinde fasulye %43.74'lük oran ile ilk sırada, börülce %18.92'lik oran ile ikinci sırada, nohut %18.65'lik oran ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bunları sırasıyla bezelye (%9.04), mercimek (%6.30) ve bakla (%3.36) takip etmektedir. İncelenen dönemler itibarıyla ekim alanlarındaki artış sırasıyla börülcede %393.48, mercimekte %205.67, fasulyede %48.89 ve nohutta %24.20 olarak gerçekleşmiştir. Bakla ve bezelyenin ekim alanlarında ise sırasıyla %51.59 ve %31.01 oranlarında azalış belirlenmiştir (Tablo 1).

Dünya yemelik tane baklagil üretim miktarı ilgili dönemde %116.13 oranında artarak 36 milyon 266 bin tondan, 78 milyon 381 bin tona yükselmiştir. Bir önceki dönem olan 2019 yılına göre ise üretim miktarı %6.10 oranında artmıştır. Dünya yemelik tane baklagil üretim miktarı bakımından %35.14'lük pay ile fasulye ilk sırada

yer almaktadır. Fasulyeyi sırasıyla %19.24'lük pay ile nohut, %18.68'lik pay ile bezelye, %11.36'lık pay ile börülce, %8.34'lük pay ile mercimek ve %7.23'lük pay ile bakla takip etmektedir. 1961-1963 yılları ortalamasına göre üretim miktarlarındaki artış sırasıyla börülcede %805.60, mercimekte %612.98, fasulyede %138.37, nohutta %106.94, bezelyede %45.42 ve baklada %3.96 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2).

Dünyada yemelik tane baklagillerin ortalama verimi ise %98.48 artarak hektara 660 kg'dan, 1 310 kg'a yükselmiştir. 1961-1963 yılları ortalamasına göre 2020 yılında yemelik tane baklagiller verimi mercimekte %133.45, baklada %114.78, bezelyede %108.39, börülcede %79.09, nohutta %66.56 ve fasulyede %60.32 oranında artış göstermiştir. 2020 yılı verimleri ise fasulyenin 792 kg/ha, nohudun 1 016 kg/ha, mercimeğin 1 305 kg/ha, baklanın 2 122 kg/ha, bezelyenin 2 036 kg/ha ve börülcenin 591 kg/ha'dır (Tablo 3) (FAO, 2022a).

Tablo 1. Dünyada yemelik tane baklagillerin ekim alanları (bin hektar)

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Mercimek	Bakla	Bezelye	Börülce	Toplam
1961-1963	23 374	11 950	1 639	5 518	10 422	3 051	55 955
1971-1973	23 322	10 104	1 807	4 230	8 057	4 856	52 376
1981-1983	25 955	9 761	2 515	3 393	7 865	3 646	53 134
1991-1993	25 829	10 258	3 345	2 220	7 534	7 714	56 901
2001-2003	26 711	9 843	3 751	2 721	6 341	9 850	59 215
2011-2013	29 887	12 538	4 122	2 432	6 437	11 555	66 971
2014-2016	32 533	12 824	4 751	2 413	7 053	12 873	72 448
2017	36 960	14 559	6 181	2 549	8 061	14 481	82 791
2018	36 219	16 178	5 508	2 848	7 450	14 262	82 465
2019	33 683	13 785	4 846	2 614	7 137	14 250	76 315
2020	34 802	14 842	5 010	2 671	7 190	15 056	79 572
İndeks (1961-1963=100)	148.89	124.20	305.67	48.41	68.99	493.48	142.21
İndeks (2019=100)	103.32	107.67	103.38	102.18	100.74	105.66	104.27
Pay 2020 (%)	43.74	18.65	6.30	3.36	9.04	18.92	100.00

Kaynak: (FAO, 2022a)

Tablo 2. Dünyada yemelik tane baklagillerin üretim miktarı (bin ton)

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Mercimek	Bakla	Bezelye	Börülce	Toplam
1961-1963	11 556	7 289	917	5 453	10 069	983	36 266
1971-1973	12 651	6 509	1 078	4 390	8 945	1 053	34 626
1981-1983	15 149	6 333	1 678	4 185	9 403	1 299	38 047
1991-1993	16 963	7 173	2 683	3 226	13 523	2 566	46 134
2001-2003	19 767	7 475	3 064	4 352	9 952	4 162	48 772
2011-2013	24 576	12 130	4 704	4 582	10 750	7 348	64 090
2014-2016	26 224	11 956	5 674	4 731	12 851	6 634	68 070
2017	29 132	15 152	7 131	5 676	16 312	8 046	81 447
2018	27 437	16 938	6 571	5 549	13 407	8 387	78 289
2019	26 095	14 184	5 784	5 373	13 995	8 446	73 877
2020	27 546	15 084	6 538	5 669	14 642	8 902	78 381
İndeks (1961-1963=100)	238.37	206.94	712.98	103.96	145.42	905.60	216.13
İndeks (2019=100)	105.56	106.35	113.04	105.51	104.62	105.40	106.10
Pay 2020 (%)	35.14	19.24	8.34	7.23	18.68	11.36	100.00

Kaynak: (FAO, 2022a)

Tablo 3. Dünyada yemelik tane baklagillerin verimi (kg/ha)

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Mercimek	Bakla	Bezelye	Börülce	Ortalama
1961-1963	494	610	559	988	977	330	660
1971-1973	542	644	597	1 038	1 111	217	691
1981-1983	584	649	666	1 236	1 195	357	781
1991-1993	657	699	802	1 457	1 803	338	959
2001-2003	741	758	817	1 601	1 573	422	985
2011-2013	823	968	1 142	1 885	1 671	631	1 187
2014-2016	808	931	1 192	1 961	1 817	514	1 204
2017	788	1 041	1 154	2 226	2 024	556	1 298
2018	758	1 047	1 193	1 949	1 800	588	1 222
2019	775	1 029	1 193	2 056	1 961	593	1 268
2020	792	1 016	1 305	2 122	2 036	591	1 310
İndeks (1961-1963=100)	160.32	166.56	233.45	214.78	208.39	179.09	198.48
İndeks (2019=100)	102.19	98.74	109.39	103.21	103.82	99.66	103.31

Kaynak: (FAO, 2022a)

Dünyada 2020 yılında yemelik tane baklagiller ekim alanları bakımından; fasulye ekim alanlarının %37.37’si ve nohut ekim alanlarının %73.77’si Hindistan’da, mercimek ekim alanlarının %34.03’si ve bezelye ekim alanlarının %23.43’ü Kanada’da, bakla ekim alanlarının %30.94’ü Çin’de, börülce ekim alanlarının %38.02’si Nijer’de bulunmaktadır (FAO, 2022a). Bu ülkeler yemelik tane baklagiller üretiminde lider konumdadırlar.

Türkiye yemelik tane baklagiller üretimindeki gelişmeler 2004-2021 yılları arasında değerlendirildiğinde, 2004-2006 yılları ortalamasında 11 milyon 516 bin dekar olan yemelik tane baklagil ekim alanı incelenen dönemde %21.16 azalarak 2021 yılında 9 milyon 79 bin dekara gerilemiştir. Bir önceki dönem olan 2020 yılına göre ise ekim alanı %4.81 oranında artmıştır. Yemelik tane baklagil ekim alanları 2004-2016 yılları arasında azalış eğilimi göstermiş olup 2016 yılından sonra artış eğilimi görülmektedir. Bu artış daha çok nohut, yeşil mercimek ve fasulye ekim alanlarından kaynaklanmaktadır. Kırmızı mercimek, bakla, bezelye ve börülcenin ekim alanlarında azalış eğilimi devam etmektedir. 2021 yılında yemelik tane baklagil ekim alanları içerisinde nohut %53.74’lük oran ile ilk sırada, kırmızı mercimek %28.66’lık oran ile ikinci sırada, fasulye %11.87’lik oran ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bunları sırasıyla %5.30’luk oran ile yeşil mercimek, %0.21’lik oran ile bakla, %0.14’lük oran ile börülce ve %0.07’lik oran ile bezelye takip etmektedir (Tablo 4).

İncelenen dönemler itibarıyla yemelik tane baklagillerin tamamının ekim alanlarında daralma olduğu belirlenmiştir. Ekim alanlarındaki bu daralma sırasıyla baklada %77.23, börülcede %57.70, bezelyede %52.83, kırmızı mercimekte %31.79, fasulyede %23.95 ve nohutta %13.30 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 4).

Türkiye yemelik tane baklagil üretim miktarı ilgili dönemde %25.54 oranında azalarak 1 milyon 411 bin tondan, 1 milyon 51 bin tona gerilemiştir. Bir önceki dönem olan 2020 yılına göre ise üretim miktarı %18.45

oranında azalmıştır. Türkiye’de yemelik tane baklagil üretim miktarı bakımından %45.22’lik pay ile nohut ilk sırada yer almaktadır. Nohudu sırasıyla %29.03’lük pay ile fasulye, %21.70’lik pay ile kırmızı mercimek, %3.33’lük pay ile yeşil mercimek, %0.42’lik pay ile bakla, %0.17’lik pay ile bezelye ve %0.12’lik pay ile börülce takip etmektedir. 2004-2006 yılları ortalamasına göre yemelik tane baklagiller arasında üretim miktarları artan tek ürün fasulyedir. Fasulye üretimi ilgili dönemde %39.49 oranında artmıştır. Diğer yemelik tane baklagillerin üretimleri ise azalmıştır. Üretim miktarları sırasıyla baklada %74.90, kırmızı mercimekte %56.72, bezelyede %52.80, börülcede %50.33, yeşil mercimekte %31.07 ve nohutta %19.57 oranında azalmıştır (Tablo 5) (TÜİK, 2022a).

Türkiye’de yemelik tane baklagillerin ortalama verimi ilgili dönemler arasında %8.61 artarak 151 kg/da’dan, 164 kg/da’a yükselmiştir. 2004-2006 yılları ortalamasına göre 2021 yılında yemelik tane baklagiller verimi fasulyede %83.77, börülcede %17.05, baklada %10.95 ve bezelyede %0.38 oranında artış göstermiştir. Kırmızı mercimek verimi %33.33, yeşil mercimek verimi %23.96 ve nohut verimi %6.60 oranında azalmıştır. 2021 yılı verimleri ise fasulyenin 283 kg/da, nohudun 99 kg/da, kırmızı mercimeğin 92 kg/da, yeşil mercimeğin 73 kg/da, baklanın 233 kg/da, bezelyenin 266 kg/da ve börülcenin 103 kg/da’dır (Tablo 6).

Türkiye’de 2021 yılında yemelik tane baklagiller ekim alanları bakımından fasulye ekim alanlarının %17.71’i Niğde’de, %16.14’ü Konya’da, nohut ekim alanlarının %15.71’si Ankara’da, %13.47’si Yozgat’ta, kırmızı mercimek ekim alanlarının %45.66’sı Şanlıurfa’da, %22.14’ü Diyarbakır’da, yeşil mercimek ekim alanlarının %38.42’si Yozgat’ta, %25.93’ü Konya’da, bakla ekim alanlarının %27.69’si Çanakkale’de, %14.89’u Balıkesir’de, bezelye ekim alanlarının %35.07’si Konya’da, %25.69’u Bursa’da ve börülce ekim alanlarının %56.01’i Manisa’da, %17.28’i Uşak’ta yer almaktadır (TÜİK, 2022a).

Tablo 4. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin ekim alanı (dekar)

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Kırmızı Mercimek	Yeşil Mercimek	Bakla	Bezelye	Börülce	Toplam
2004-2006	1 417 505	5 627 224	3 814 692	528 875	83 492	14 386	29 418	11 515 591
2007-2009	1 008 034	4 882 581	2 791 958	285 197	53 569	12 965	29 720	9 064 024
2010-2012	970 602	4 394 482	2 062 367	227 024	42 636	12 352	22 188	7 731 650
2013-2015	898 191	3 904 596	2 334 717	180 380	32 820	11 742	18 677	7 381 123
2016	898 197	3 595 289	2 354 743	167 617	27 512	10 882	18 079	7 072 319
2017	897 221	3 953 099	2 693 181	232 201	29 116	9 415	14 129	7 828 362
2018	848 045	5 144 159	2 430 652	341 625	25 294	9 065	13 553	8 812 393
2019	889 385	5 205 951	2 427 761	396 116	23 121	7 813	13 084	8 963 231
2020	1 029 857	5 115 607	2 098 215	378 443	21 040	5 517	13 227	8 661 906
2021	1 077 964	4 878 857	2 601 995	481 591	19 008	6 786	12 445	9 078 646
İndeks (2004-2006=100)	76.05	86.70	68.21	91.06	22.77	47.17	42.30	78.84
İndeks (2020=100)	104.67	95.37	124.01	127.26	90.34	123.00	94.09	104.81
Pay 2021 (%)	11.87	53.74	28.66	5.30	0.21	0.07	0.14	100.00

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 5. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin üretim miktarı (ton)

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Kırmızı Mercimek	Yeşil Mercimek	Bakla	Bezelye	Börülce	Toplam
2004-2006	218 657	590 582	526 766	50 775	17 632	3 824	2 579	1 410 816
2007-2009	163 359	528 652	296 596	26 254	11 179	3 676	2 645	1 032 361
2010-2012	204 477	512 037	404 000	26 451	8 234	3 171	2 183	1 160 553
2013-2015	215 000	472 000	353 333	20 667	7 016	3 116	1 909	1 073 041
2016	235 000	455 000	345 000	20 000	6 280	2 919	1 860	1 066 059
2017	239 000	470 000	400 000	30 000	6 847	2 673	1 511	1 150 031
2018	220 000	630 000	310 000	43 000	5 903	2 603	1 443	1 212 949
2019	225 000	630 000	310 000	43 631	5 484	2 193	1 392	1 217 700
2020	279 518	630 000	328 418	42 397	5 002	1 538	1 324	1 288 197
2021	305 000	475 000	228 000	35 000	4 426	1 805	1 281	1 050 512
İndeks (2004-2006=100)	139.49	80.43	43.28	68.93	25.10	47.20	49.67	74.46
İndeks (2020=100)	109.12	75.40	69.42	82.55	88.48	117.36	96.75	81.55
Pay 2021 (%)	29.03	45.22	21.70	3.33	0.42	0.17	0.12	100.00

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 6. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin verimi (kg/da)

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Kırmızı Mercimek	Yeşil Mercimek	Bakla	Bezelye	Börülce	Ortalama
2004-2006	154	106	138	96	210	265	88	151
2007-2009	163	111	118	93	210	286	89	153
2010-2012	211	123	197	117	199	259	99	172
2013-2015	240	122	153	115	214	266	102	173
2016	265	129	150	120	228	268	103	180
2017	267	120	149	129	235	284	107	184
2018	259	123	138	126	233	287	106	182
2019	253	122	128	112	237	281	106	177
2020	271	123	157	112	238	279	101	183
2021	283	99	92	73	233	266	103	164
İndeks (2004-2006=100)	183.77	93.40	66.67	76.04	110.95	100.38	117.05	108.61
İndeks (2020=100)	104.43	80.49	58.60	65.18	97.90	95.34	101.98	89.62

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Kendine yeterlilik derecesi üretimin iç tüketimi ne ölçüde karşılayabildiğini göstermektedir. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin kendine yeterlilik dereceleri 2000-2020 yılları arasında değerlendirildiğinde, fasulyenin kendine yeterlilik derecesi 2000-2002 yılları ortalamasında %98.0’dan 2020 yılında %92.0’ye gerilemiştir. Aynı dönemlerde kendine yeterlilik dereceleri nohutta %127.2’den %122.3’e, kırmızı mercimekte %135.5’den %71.2’ye ve yeşil mercimekte %88.4’den %58.7’ye

gerilemiştir (Tablo 7). 2020 yılı verilerine göre yemelik tane baklagillerde kendine yeterlilik dereceleri bakımından nohut hariç diğer ürünlerde üretimin iç tüketimi karşılayamadığı söylenebilir. 2000-2020 yılları ortalamasına göre ise Türkiye’nin nohut ve kırmızı mercimekte kendine yeterli olduğu, fasulye ve yeşil mercimekte ise kendine yeterli olmadığı belirlenmiştir. Üretimin iç tüketime yetmediği bu ürünlerde ihtiyaç ithalat yapılarak karşılanmaktadır.

Tablo 7. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin kendine yeterlilik dereceleri

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Kırmızı Mercimek	Yeşil Mercimek
2000-2002	98.0	127.2	135.5	88.4
2003-2005	94.3	132.6	136.8	84.2
2006-2008	80.3	124.5	117.4	64.8
2009-2011	81.4	110.1	92.1	57.2
2012-2014	82.6	97.5	95.8	45.0
2015	82.6	98.1	81.6	43.1
2016	81.8	92.1	76.7	46.1
2017	82.7	87.5	89.6	56.5
2018	72.1	114.0	74.9	86.8
2019	76.0	127.5	71.7	85.3
2020	92.0	122.3	71.2	58.7
Ortalama (2000-2020)	85.6	115.1	104.7	66.4
İndeks (2000-2002=100)	93.88	96.15	52.55	66.40
İndeks (2019=100)	121.05	95.92	99.30	68.82

Kaynak: (TÜİK, 2022b)

Dünya yemelik tane baklagillerin dış ticaret hacmi 2020 yılında 22 milyar 225 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir (Tablo 8). Dünya yemelik tane baklagillerin ihracat miktarı ve değeri 1961-2020 yıllarına göre değişmekle birlikte 2020 yılında 19 milyar 546 bin ton ve 11 milyar 108 milyon dolar civarında gerçekleşmiştir. İhracat değeri bakımından 2020 yılında yemelik tane baklagiller içerisinde fasulyenin payı %39.32, mercimeğin payı %26.30, bezelyenin payı %18.97, nohudun payı %11.08 ve baklanın payı %4.33'dür (Tablo 8). Birim ürün başına 2020 yılı dünya ihracat fiyatları büyükten küçüğe sırasıyla fasulye 95 cent, nohut 60 cent, mercimek 57 cent, bakla 42 cent, bezelye 32 centtir. Yemelik tane baklagiller ortalaması ise 57 centtir.

Dünya yemelik tane baklagillerin ithalatı 1961-1963 yılları ortalamasına göre 996 bin ton ve 156.5 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. İthalat değeri bakımından 2020 yılında yemelik tane baklagiller içerisinde fasulyenin payı %36.39, mercimeğin payı %25.86, bezelyenin payı %21.93, nohudun payı %11.36 ve baklanın payı %4.47'dir (Tablo 8). Birim ürün başına 2020 yılı dünya ithalat fiyatları büyükten küçüğe sırasıyla fasulye 1.04 dolar, nohut 67 cent, bakla 67 cent, mercimek 62 cent ve bezelye 34 centtir. Yemelik tane baklagiller ortalaması ise 61 centtir. İhracat ve ithalat miktarı bakımından bezelyenin payları daha yüksek olmasına karşın değer bakımından aldığı paylar düşüktür. Bunun sebebi bezelyenin birim ürün başına ihracat ve ithalat fiyatının düşük olmasıdır.

Tablo 8. Dünyada yemelik tane baklagillerin ihracat ve ithalat değerleri

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Mercimek	Bakla	Bezelye	Toplam
1961-1963	83.7	14.0	14.1	11.9	47.9	171.7
1971-1973	180.3	32.7	38.0	32.1	88.1	371.2
1981-1983	721.3	113.3	192.9	66.5	254.0	1 348.0
1991-1993	867.9	202.0	253.7	142.6	776.7	2 242.8
2001-2003	1 318.0	385.8	407.3	111.2	564.3	2 786.7
2011-2013	4 068.7	1 218.8	1 565.7	413.1	1 947.4	9 213.6
2014-2016	3 850.2	1 548.0	2 513.4	393.9	2 132.7	10 438.2
2017	3 712.7	2 719.3	2 504.3	366.5	2 254.1	11 556.9
2018	3 459.1	1 526.3	1 645.7	423.8	1 890.6	8 945.4
2019	3 684.3	1 281.8	1 806.8	442.0	1 877.8	9 092.7
2020	4 368.4	1 230.6	2 921.6	480.7	2 107.5	11 108.7
İndeks (1961-1963=100)	5 219.12	8 790.00	20 720.57	4 039.50	4 399.79	6 469.83
İndeks (2019=100)	118.57	96.01	161.70	108.76	112.23	122.17
Pay 2020 (%)	39.32	11.08	26.30	4.33	18.97	100.00
İthalat değeri (milyon dolar)						
1961-1963	73.7	8.7	20.0	8.0	46.0	156.5
1971-1973	177.5	25.1	38.3	30.0	94.0	364.9
1981-1983	783.8	100.8	215.7	55.5	242.4	1 398.2
1991-1993	870.3	231.5	281.4	161.7	792.3	2 337.1
2001-2003	1 197.7	417.2	466.7	159.4	643.0	2 884.0
2011-2013	3 407.6	1 196.6	1 674.8	470.9	2 048.6	8 798.4
2014-2016	3 698.5	1 356.6	2 617.9	483.4	2 505.8	10 662.2
2017	3 780.0	3 262.9	3 082.8	463.4	2 723.6	13 312.7
2018	3 213.0	1 734.7	1 799.8	505.5	2 063.1	9 316.2
2019	3 339.8	1 404.1	2 060.2	571.4	2 087.4	9 462.9
2020	4 044.6	1 262.4	2 874.1	496.6	2 438.1	11 115.7
İndeks (1961-1963=100)	5 487.92	14 510.34	14 370.50	6 207.50	5 300.22	7 102.68
İndeks (2019=100)	121.10	89.91	139.51	86.91	116.80	117.47
Pay 2020 (%)	36.39	11.36	25.86	4.47	21.93	100.00

Kaynak: (FAO, 2022b)

Türkiye yemelik tane baklagillerin dış ticaret hacmi 2020 yılında 1 milyar 134 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir (Tablo 9). Türkiye yemelik tane baklagillerin ihracat miktarı ve değeri 1961-2020 yıllarına göre değişmekle birlikte 2020 yılında 792 bin ton ve 586 milyon dolar civarında gerçekleşmiştir. İhracat değeri bakımından 2020 yılında yemelik tane baklagiller içerisinde mercimeğin payı %52.15, nohudun payı %25.41, fasulyenin payı %19.10, bezelyenin payı %2.88 ve baklanın payı %0.47’dir (Tablo 9). Birim ürün başına 2020 yılı Türkiye ihracat fiyatları büyükten küçüğe sırasıyla fasulye 1.16 dolar, bakla 97 cent, mercimek 75 cent, nohut 62 cent, bezelye 37 centtir. Yemelik tane baklagiller ortalaması ise 74 centtir.

Türkiye yemelik tane baklagillerin ithalat miktarı ve değeri 1961-2020 yıllarına göre değişmekle birlikte 2020 yılında 938 bin ton ve 548 milyon dolar civarında gerçekleşmiştir. İthalat değeri bakımından 2020 yılında yemelik tane baklagiller içerisinde mercimeğin payı %56.89, fasulyenin payı %21.96, nohudun payı %16.73, bezelyenin payı %3.54 ve baklanın payı %0.88’dir (Tablo 9). Birim ürün başına 2020 yılı Türkiye ithalat fiyatları büyükten küçüğe sırasıyla fasulye 1.05 dolar, nohut 74

cent, bakla 52 cent, mercimek 50 cent, bezelye 32 centtir. Yemelik tane baklagiller ortalaması ise 58 centtir.

Türkiye yemelik tane baklagiller ihracat ve ithalat değerlerinin son beş yıllık seyri (2016-2020) incelendiğinde 2018 yılından itibaren ihracat değerinin ithalat değerini geçtiği ve 2020 yılında 37.8 milyon dolar dış ticaret fazlası verdiği belirlenmiştir. Dış ticaret açığı bulunan fasulyede ekim alanlarındaki artışla birlikte 2019 yılından itibaren dış ticaret açığı daralmıştır. Dış ticaret açığı 2020 yılında baklada 2 milyon dolar, bezelyede 2.5 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Nohutta 2019 yılından sonra dış ticaret fazlası verilmeye başlanmış ve 2020 yılında dış ticaret dengesi 57.1 milyon dolar fazla vermiştir. Dış ticareti neredeyse dengede olan mercimekte son yıl ithalat değeri ihracat değerini geçmiş ve dış ticaret dengesi 6.3 milyon dolar açık vermiştir. Türkiye’de üretimi yapılan mercimeğin kalitesinin yüksek olması sebebiyle üretilen mercimek yüksek fiyattan ihraç edilmekte ve iç piyasada tüketim yoğunlukla ithalat ile karşılanmaktadır. Nitekim 2020 yılında mercimek ithalatındaki birim fiyat 50 cent olurken ihracattaki birim fiyat 75 centtir.

Tablo 9. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin ihracat ve ithalat değerleri

Ürünler/Yıllar	Fasulye	Nohut	Mercimek	Bakla	Bezelye	Toplam
1961-1963	2.2	1.2	0.6	0.1	0.0	4.1
1971-1973	4.5	9.2	4.8	0.7	0.0	19.3
1981-1983	14.3	64.5	116.2	8.8	0.0	203.8
1991-1993	8.5	109.4	83.7	6.9	0.3	208.7
2001-2003	23.3	68.6	73.2	0.4	0.0	165.5
2011-2013	3.3	29.0	176.7	1.9	13.6	224.5
2014-2016	8.2	23.1	244.4	1.6	21.0	298.3
2017	6.4	35.1	236.1	2.0	17.9	297.5
2018	25.3	102.7	194.2	0.8	19.3	342.3
2019	115.9	135.3	190.0	1.2	15.0	457.4
2020	111.9	148.8	305.5	2.8	16.9	585.9
İndeks (1961-1963=100)	5 162.10	12 667.91	50 166.01	2 145.74	2 530 200.00	14 356.16
İndeks (2019=100)	96.50	110.02	160.79	240.07	112.59	128.10
Pay 2020 (%)	19.10	25.41	52.15	0.47	2.88	100.00
İthalat değeri (milyon dolar)						
1961-1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971-1973	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1981-1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1991-1993	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6
2001-2003	14.3	3.3	18.1	0.1	0.2	36.0
2011-2013	34.9	39.6	147.9	0.3	16.0	238.7
2014-2016	55.8	45.2	238.1	1.9	22.3	363.2
2017	50.4	130.8	233.8	2.9	18.8	436.7
2018	42.4	118.6	156.9	1.3	17.3	336.6
2019	134.2	72.9	157.0	2.6	14.3	381.0
2020	120.4	91.7	311.8	4.8	19.4	548.1
İndeks (2001-2003=100)	843.50	2 749.20	1 721.65	5 307.35	8 396.11	1 520.91
İndeks (2019=100)	96.50	110.02	160.79	240.07	112.59	128.10
Pay 2020 (%)	21.96	16.73	56.89	0.88	3.54	100.00

Kaynak: (FAO, 2022b)

3.2. Türkiye’de yemelik tane baklagiller destekleme politikası

Türkiye’de yemelik tane baklagiller destekleme politikalarının geçmişi Toprak Mahsulleri Ofisi’nin (TMO) kurulduğu yıllara kadar gitmektedir. TMO, 3491 sayılı Kanunla İktisadi Devlet Teşekkülü olarak 1938 yılında devletin belirlediği fiyattan ürün alımı yaparak piyasadaki ürün fiyatlarını kontrol etmekle görevlendirilmiştir (Karlı, 1989; Tuna, 1989; Karlı vd., 2018). Bu doğrultuda ilk kez 1941 yılında mercimek, nohut ve fasulye alımı gerçekleşmiştir. Bu alımlar düzenli olmasa da piyasanın ihtiyaçları doğrultusunda 1994 yılına (Ekonomik İstikrar Kararları) kadar devam etmiştir. Bu tarihten 2018 yılına kadar ürünler serbest piyasa koşullarında işlem görmeye devam etmişlerdir (TMO, 2021). 2018 yılında 192 sayılı cumhurbaşkanlığı kararnamesi (Resmi Gazete, 2018) ile tekrardan TMO mercimek, nohut ve fasulye alım ve satım için görevlendirilmiş ve halen günümüzde uygulanmaktadır.

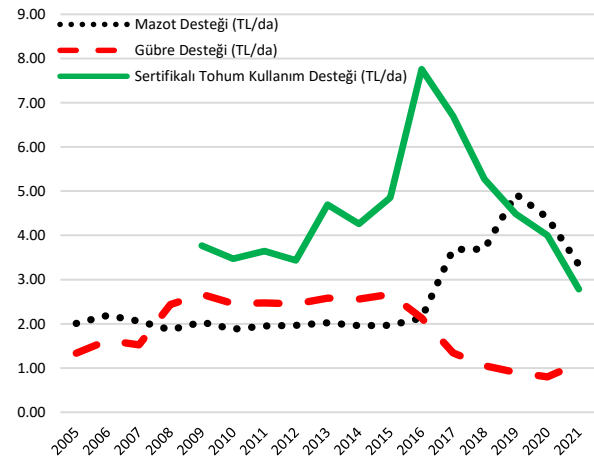
Bunun yanı sıra 1970’li yıllarda iller bazında başlatılan kırsal kalkınma projeleri ile nadas-tahıl sistemi yerine baklagil-tahıl sistemi uygulanmaya başlanmış ve baklagil üretiminde artışlar meydana gelmiştir (Gül ve Işık, 2002). 1982 yılında 8/5713 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yemelik ve yemelik tane baklagillerin ekim nöbeti kapsamına alınarak nadas alanları üzerinde üretimlerinin yapılması amacıyla Nadas Alanlarının Daraltılması (NAD) projesi başlatılmıştır. Bu kapsamda yemelik tane baklagil üreticilerine nakdi ve aynı kredi desteği sağlanmıştır (Resmi Gazete, 1982). Bu proje kapsamında yaklaşık 1.5 milyon hektar nadas alanı üretime kazandırılmıştır (Tüzün, 1993) ve yemelik tane baklagillerin ekim alanları ve üretimleri artmıştır. Türkiye bu dönemde dünya baklagil üretiminde ilk sıralarda yer almıştır (Bolat vd., 2017). Projenin bitmesi ve 1994 yılındaki Ekonomik İstikrar Kararlarının etkisiyle yemelik tane baklagil ekim alanları daralmaya başlamıştır.

Türkiye’de bitkisel üretimin devamlılığı için uygulanan temel politika araçları; alan bazlı destekler, fark ödemesi desteği ve diğer tarımsal amaçlı desteklerdir. Bu destekler yemelik tane baklagiller içerisinde yer alan üç ürünün (fasulye, nohut ve mercimek) üretimi için de uygulanmaktadır. Alan bazlı destekler kapsamında mazot ve gübre desteği ilk olarak 2005 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır.

Yemelik tane baklagiller üretiminde 2005 yılında 2.40 TL/da mazot ve 1.60 TL/da gübre desteği ile başlatılan alan bazlı destekler 2021 yılında 24 TL/da mazot ve 8 TL/da gübre desteği ile devam etmektedir. Bunun yanı sıra 2007-2008 yıllarında yaşanan iklimsel faktörlerin etkisiyle azalan yemelik tane baklagiller üretiminde devamlılığın sağlanması ve üretici gelirlerinin artırılması amaçlarıyla kg başına 10 kuruş olarak fark ödemesi desteği diğer bir adı

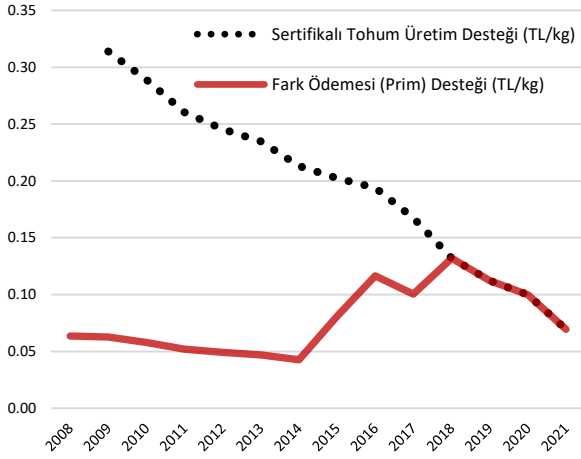
ile prim desteği de yemelik tane baklagiller üretiminde uygulanmaya başlamıştır. Prim desteği 2021 yılında kg başına 50 kuruş olarak verilmeye devam etmektedir. Diğer tarımsal amaçlı destekler içerisinde giren sertifikalı tohum kullanım desteği 6 TL/da ve sertifikalı tohum üretim desteği 50 krş/kg olarak yemelik tane baklagiller üretiminde 2009 yılından itibaren uygulanmaya başlamıştır. 2021 yılında ise sertifikalı tohum kullanım desteği nohutta 20 TL/da, fasulye ve mercimekte 30 TL/da ve sertifikalı tohum üretim desteği 50 krş/kg olarak uygulanmaya devam etmektedir (Resmi Gazete, Çeşitli Yıllar).

Türkiye’de yemelik tane baklagiller üretimini desteklemek için uygulanan politika araçlarının yıllara göre reel fiyatlarla seyri incelendiğinde mazot desteğinin 2005-2016 yılları arasında sabit, 2017-2019 yılları arasında artan, 2019 yılından sonra ise azalan bir seyir izlediği tespit edilmiştir. Mazot desteği 2005 yılında 2.01 TL/da iken, 2021 yılında %66.34 artarak 3.34 TL/da olarak verilmiştir. Gübre desteği 2005-2009 yılları arasında artan, 2009-2016 yılları arası sabit, 2017 yılından sonra ise azalan bir seyir izlemiştir. 2005 yılında 1.34 TL/da iken, 2021 yılında %16.83 azalarak 1.11 TL/da olarak verilmektedir. Sertifikalı tohum desteği 2009-2016 yılları arası dalgalı ve artan bir seyir izlemesine karşın 2017 yılından itibaren azalışa geçmiştir. 2009 yılında 3.74 TL/da iken, 2021 yılında %26.17 azalarak 2.78 TL/da olarak verilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Yemelik tane baklagillere uygulanan alan bazlı ve sertifikalı tohum kullanım desteği (TL/da) (Reel Fiyatlar) (Resmi Gazete, Çeşitli Yıllar)

Sertifikalı tohum üretim desteği 2009-2021 yılları arasında sürekli azalan bir seyir izlemiştir. 2009 yılında 0.31 TL/kg iken, 2021 yılında %77.85 azalarak 0.07 TL/kg olarak verilmektedir. Prim desteği 2008-2014 yılları arasında azalan, 2015-2018 yılları arasında dalgalı ve artan, 2019 yılından itibaren azalan seyir izlemiştir. 2008 yılında kg başına 6 kuruş verilirken 2021 yılında %9.40 artarak kg başına 7 kuruş olarak verilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Yemelik tane baklagillere uygulanan fark ödemesi ve sertifikalı tohum üretim desteği (TL/kg) (Reel Fiyatlar) (Resmi Gazete, Çeşitli Yıllar)

3.3. Yemelik tane baklagiller fiyatları

İncelenen dönemlerde (2000-2021) Türkiye’de fasulye reel fiyatları dalgalı bir seyir izlemesine rağmen fiyatların genel seyri azalış eğilimindedir. Fasulye fiyatları en yüksek seviyeyi 2000 yılında 1.77 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2021 yılında 1.24 TL/kg ile görmüştür. İlgili dönem fasulye fiyatları %30.30 azalmıştır. Cari fiyatlarla ise fasulye fiyatı 2021 yılında 8.89 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Nohut reel fiyatlarında dönem dönem sert dalgalanmaların olduğu söylenebilir. Nohut fiyatları en yüksek seviyeyi 2017 yılında 1.83 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2020 yılında 0.76 TL/kg ile görmüştür. 2000 yılında 1.29 TL/kg olan nohut fiyatı, 2021 yılında %32.72 azalarak 0.87 TL/kg’a gerilemiştir. Cari fiyatlarla ise nohut fiyatı 2021 yılında 6.23 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Kırmızı mercimek reel fiyatlarında da nohut fiyatlarında olduğu gibi dönem dönem sert dalgalanmaların olduğu söylenebilir. Kırmızı mercimek fiyatları en yüksek seviyeyi 2009 yılında 1.25 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2007 yılında 0.51 TL/kg ile görmüştür. 2000 yılında 1.08 TL/kg olan kırmızı mercimek fiyatı, 2021 yılında %30.77 azalarak 0.75 TL/kg’a gerilemiştir. Cari fiyatlarla ise kırmızı mercimek fiyatı 2021 yılında 5.38 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Yeşil mercimek reel fiyatları dalgalı bir seyir izlemesine karşın fiyatların genel seyri azalış eğilimindedir. Yeşil mercimek fiyatları en yüksek seviyeyi 2009 yılında 1.25 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2019 yılında 0.77 TL/kg ile görmüştür. 2000 yılında 1.25 TL/kg olan yeşil mercimek fiyatı, 2021 yılında %33.68 azalarak 0.83 TL/kg’a

gerilemiştir. Cari fiyatlarla ise yeşil mercimek fiyatı 2021 yılında 5.97 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

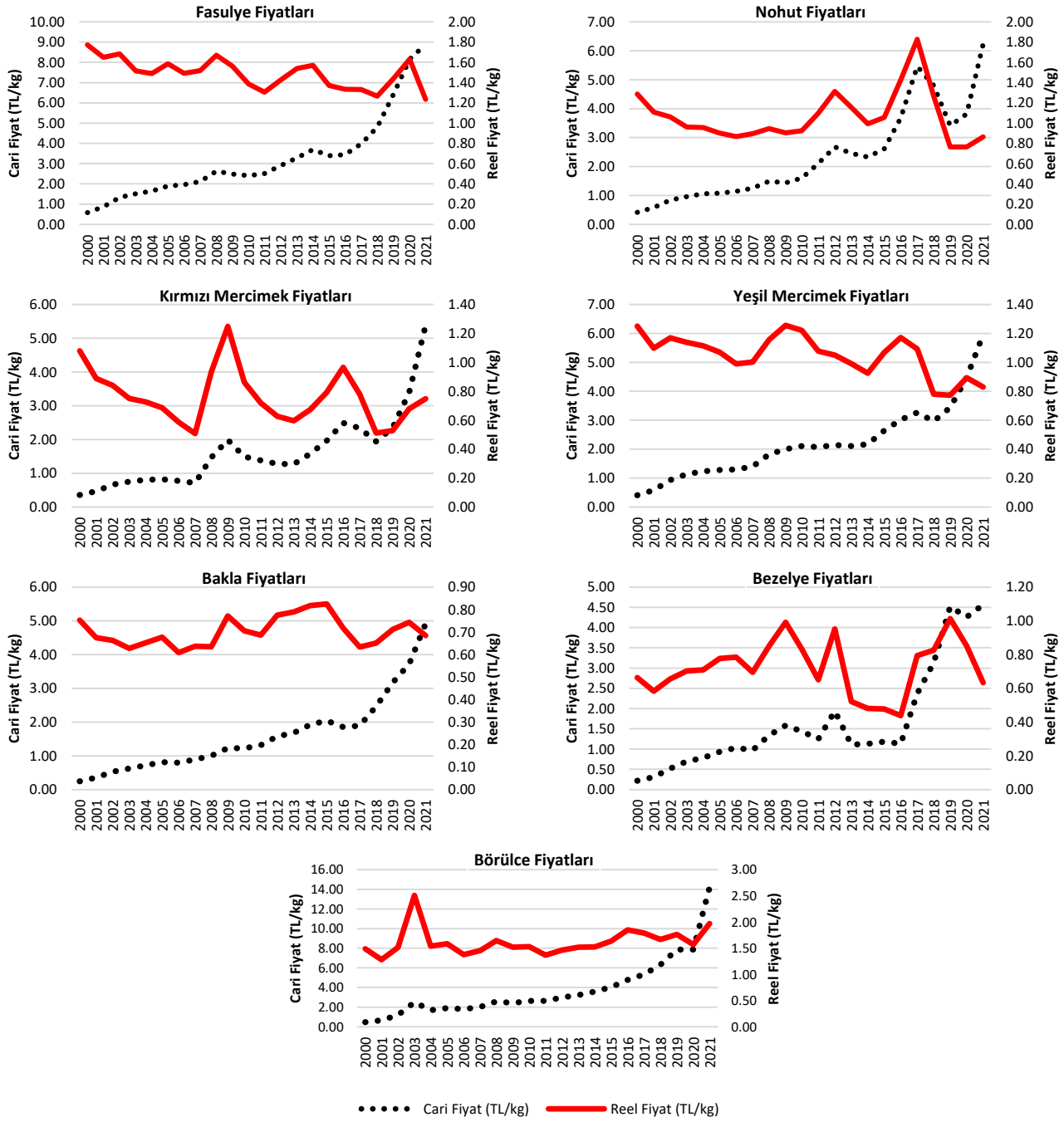
Bakla ve bezelye reel fiyatları dalgalı bir seyir izlese de fiyatların genel seyri azalış eğilimindedir. Bakla fiyatları en yüksek seviyeyi 2015 yılında 0.83 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2006 yılında 0.61 TL/kg ile görmüştür. 2000 yılında 0.75 TL/kg olan bakla fiyatı, 2021 yılında %9.12 azalarak 0.68 TL/kg’a gerilemiştir. Cari fiyatlarla ise bakla fiyatı 2021 yılında 4.92 TL/kg olarak gerçekleşmiştir. Bezelye fiyatları en yüksek seviyeyi 2019 yılında 1.01 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2016 yılında 0.44 TL/kg ile görmüştür. 2000 yılında 0.66 TL/kg olan bezelye fiyatı, 2021 yılında %4.55 azalarak 0.63 TL/kg’a gerilemiştir. Cari fiyatlarla ise bezelye fiyatı 2021 yılında 4.56 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Börülce reel fiyatları dalgalı bir seyir izlemesine rağmen fiyatların genel seyri artış eğilimindedir. Börülce fiyatları en yüksek seviyeyi 2003 yılında 2.51 TL/kg ile görmüş, en düşük seviyeyi ise 2001 yılında 1.28 TL/kg ile görmüştür. 2000 yılında 1.49 TL/kg olan börülce fiyatı, 2021 yılında %32.20 artarak 1.97 TL/kg’a yükselmiştir. Cari fiyatlarla ise börülce fiyatı 2021 yılında 14.19 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

3.4. Yemelik tane baklagillerde rekabet gücü analizi

Dünya yemelik tane baklagiller ihracatında önemli ülkelerin rekabet gücü analizi 2010-2020 yılları arasında incelenmiştir. Türkiye’nin 2010, 2011, 2018, 2019 ve 2020 yıllarında yüksek derecede karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu incelenen diğer yıllarda ise orta derecede karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2010-2020 yılları AKÜ değerleri ortalaması 4.41 olarak hesaplanmış ve genel olarak Türkiye’nin yüksek derecede bir karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu belirlenmiştir. Türkiye’ye göre göreceli avantajı daha yüksek olan ülkeler sırasıyla Myanmar, Arjantin, Kanada ve Avustralya’dır. Türkiye’nin ise Hindistan, Rusya, ABD ve Çin karşısında karşılaştırmalı üstünlüğü söz konusudur (Tablo 10).

Türkiye’nin göreceli avantajının daha düşük olduğu ülkelerin dünya baklagiller ihracatında söz sahibi olduğu belirlenmiştir. Fasulye ihracatında Myanmar, nohut ve bakla ihracatında Avustralya, mercimek ve bezelye ihracatında Kanada lider ülke konumundadır. Türkiye’nin baklagiller rekabet gücü açısından zayıf olma nedeni bu ülkelerin baklagiller ihracatında uzmanlaşmasıdır. Türkiye’nin göreceli avantajının daha yüksek olduğu ülkelerin ise önemli miktarda baklagiller ithalatı yaptığı belirlenmiştir. Fasulye ithalatında Hindistan, ABD ve Çin, nohut ve mercimek ithalatında Hindistan, bezelye ithalatında Çin lider ülke konumundadır. Türkiye’nin baklagiller rekabet gücünün yüksek olmasının nedeni bu ülkelerin baklagiller ithalatında uzmanlaşmasıdır.



Şekil 3. Türkiye’de yemelik tane baklagillerin fiyatları (TÜİK, 2022c)

Rekabet gücü analizine göre dünyada yemelik tane baklagiller ihracatında önemli ülkelerden Myanmar, Arjantin, Kanada ve Avustralya’nın karşılaştırmalı üstünlüğünün yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu ülkelere ait AKÜ değerleri ortalaması sırasıyla 170.57, 11.31, 10.91 ve 7.63 olarak hesaplanmıştır (Tablo 10).

Kuraklık gibi iklimsel faktörlerin etkisiyle verimin düşük olduğu yıllarda ülkelerin AKÜ değerlerinin yıllar içerisinde dalgalandığı belirlenmiştir. Verim dışında dalgalanmaların diğer sebepleri olarak ülkelerin dış ticarete uyguladığı politikaların ve baklagil ihracat fiyatlarının yıllar itibarıyla değişmesi gösterilebilir. Myanmar’ın AKÜ değerinin

yüksek olmasının sebebi toplam ihracat içerisinde yemelik tane baklagiller ihracatının önemli bir paya sahip olmasıdır. Nitekim 2010-2020 yılları ortalamasına göre Myanmar’ın yaptığı toplam ihracat içerisinde yemelik tane baklagillerin payı %9.18 olmuştur.

Genel olarak yemelik tane baklagillerde ortalama verimi yüksek ve üretimi fazla olan ülkelerin diğer ülkelere göre karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun en önemli nedeni olarak bu ülkelerde sertifikalı tohum kullanımının ve sulhu tarımının yaygınlaşması sonucu yemelik tane baklagiller üretiminde verim artışlarıyla birlikte üretimin ve ihracatın artmasıdır.

Tablo 10. Yemelik tane baklagillerde Balassa’nın açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük endeksi (AKÜ)

Ülkeler/ Yıllar	Türkiye	Myanmar	Arjantin	Kanada	Avustralya	Hindistan	Rusya	ABD	Çin
2010	4.45	227.63	8.76	10.61	5.27	1.72	0.21	1.11	1.05
2011	4.01	385.47	10.44	10.22	5.41	1.53	0.82	0.88	1.00
2012	3.20	290.76	12.28	8.10	8.42	1.27	1.14	1.03	0.96
2013	2.90	186.95	5.23	11.94	6.43	2.12	0.71	1.09	0.91
2014	2.84	133.08	10.23	12.21	6.12	1.22	0.85	1.11	0.65
2015	3.33	145.67	9.24	12.48	10.52	1.14	1.50	0.83	0.42
2016	3.13	138.78	12.43	11.25	10.90	1.02	1.90	0.98	0.46
2017	3.25	87.48	13.59	9.58	14.28	0.90	1.75	1.01	0.40
2018	6.28	87.64	15.01	9.97	6.15	1.84	1.56	0.89	0.46
2019	7.77	92.45	14.18	10.69	5.10	0.98	1.75	0.96	0.40
2020	7.35	100.34	13.02	12.93	5.34	1.24	1.48	1.02	0.27
Ortalama	4.41	170.57	11.31	10.91	7.63	1.31	1.24	0.99	0.63

Miral (2006) çalışmasında 1994-2005 yılları arasında baklagillerin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu ancak yıllar içerisinde azaldığını tespit etmiştir. Peker (2015) yaptığı çalışmada 1990-2011 yılları arasında baklagil grubundan kuru fasulye, nohut ve mercimek için AKÜ değerleri hesaplamıştır. Türkiye’nin nohut ve mercimekte rekabet gücünün yüksek olduğunu ancak kuru fasulyede 2000’li yıllardan sonra dezavantajlı konuma geldiğini belirtmiştir.

İhracat değerlerine bakarak Türkiye’nin 2018 yılından itibaren bu ürünlerde ve özellikle kuru fasulyede rekabet gücünü tekrar artırdığı söylenebilir. Bunun sebepleri olarak şu gelişmeler gösterilebilir; TMO’nun 24 sene sonra tekrardan baklagil alımına başlaması üretimi artırmış ve 2018 yılında sonra döviz kurunun artması işletmeleri, ürettikleri baklagilleri yurt içine pazarlamak yerine ihraç etmeye yönelmiştir.

Ülkeler ihracat ürünlerinin dünya piyasalarındaki rekabet gücünü ve ihracattaki ürün çeşitliliğini artırmak amacıyla Dâhilde İşleme Rejimi (DİR) denilen gümrük rejimi uygulamaktadırlar. Bu gümrük rejimi; gümrük muafiyetli olarak dünya piyasa fiyatlarından, ticaret politikası önlemlerine tabi olmaksızın, ihracat yapılan ürünün üretimi için gerekli olan fiyat ve/veya kalite bakımından yurt içi piyasalardan karşılanamayan, hammadde, yardımcı madde ve ambalaj malzemeleri ithalatına olanak sağlamaktadır. Türkiye’de de ithal edilen baklagiller Türkiye’deki altyapı ve işleme tesislerinde işlenerek DİR kapsamında dış piyasalara ihraç edilmektedir (Anonim, 2019). Bu nedenle dünya yemelik tane baklagil dış ticaretinde önemli bir ülke konumundadır.

4. Sonuç

Yemelik tane baklagiller tüketim, üretim ve dış ticaret açısından Türkiye’de önemli bir ürün grubudur. Bu ürün grubunun besin değerinin yüksek olması sebebiyle tüketiciler tarafından, münavebeye uygun olması ve toprağın verimliliğini artırdığı için üreticiler tarafından tercih edilmektedir. Nitekim Türkiye, dünya nohut üretiminde üçüncü, mercimek üretimde dördüncü ve

fasulye üretiminde on dokuzuncu sırada yer almaktadır. Özellikle son üç yıldır yemelik tane baklagiller dış ticaretinde ihracat geliri ithalat gelirini geçmiş durumdadır.

Birçok tarımsal üründe Türkiye’nin kendine yeterlilik dereceleri yüksek olmasına karşın yemelik tane baklagillerden fasulye, kırmızı ve yeşil mercimekte kendine yeterlilik dereceleri istenilen düzeyde değildir. Bu ürünlerin üretimleri iç tüketime yetmediği söylenebilir. Üretimin iç tüketime yetmediği zaman ihtiyaç duyulan miktar ithalat yapılarak karşılanmaktadır. İç tüketimin yanı sıra yapılan ithalat yurt içinde işlenerek ihraç edilmektedir.

Türkiye yemelik tane baklagiller üretimi için önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle yemelik tane baklagiller üretiminde uygulanan destekleme politikaları etkin ve zamanında uygulandığında ekim alanlarının artırdığı, destekleme politikalarının etkinliğinin düştüğü ve uygulamadan zamansız kaldırıldığı dönemlerde de ekim alanlarının azalıp alternatif ürünlere geçildiği belirlenmiştir. Tarımsal destekleme politikaları belirlenirken geçmişte yaşanan tecrübelerden yararlanmakta fayda olacağı düşünülmektedir. Nitekim geçmiş yıllarda uygulanan Nadas Alanlarının Daraltılması projesi ve halen uygulanmakta olan TMO’nun ürün alımları, mazot-gübre ve prim desteklerinin arttığı dönemlerde yemelik tane baklagiller üretiminin de arttığı tespit edilmiştir. Bu hususlar göz önünde bulundurularak tarımsal destekleme politikalarının etkinliğinin artırılması yemelik tane baklagiller üretimini ve ihracatını artıracaktır. Böylece Türkiye önemli bir yemelik tane baklagiller üreticisi ve ihracatçısı ülke konumuna gelecektir.

Yazar Katkı Oranları

Bektaş Kadakoğlu: Araştırma, Metodoloji, Kaynak/Materyal/Malzeme Temini, Veri İyileştirme, Orijinal Taslak Yazımı, Görselleştirme.

Bahri Karlı: Araştırma, Kavramsallaştırma, Veri İyileştirme, İnceleme ve Düzenleme, Denetim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Adak, M S., Güler, M., & Kayan, N. (2010). *Yemelik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. Ocak 11-15, Ankara.
- Anonim (2019). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. *Baklagil sektör politika belgesi 2019-2023*. Erişim adresi <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Baklagil%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202019-2023.pdf>
- Balassa, B. (1965). Trade liberalization and “Revealed” Comparative Advantage. *The Manchester School of Economic and Social Studies*, 33(2), 92-123. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>
- Balcı, D., & Giray, F. H. (2020). Competitive analysis of Isparta fruit sector through diamond model. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(3): 784-792. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i3.784-792.3358>
- Bashimov, G. (2017). Türkiye’nin tarım ve gıda ürünlerinde karşılaştırmalı üstünlüğü. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 319-330.
- Bayav, A., & Çetinbaş, M. (2021). Peach production and foreign trade of Turkey: current situation, forecasting and analysis of competitiveness. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(2), 212-225. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1033597>
- Bolat, M., Ünüvar, F. İ., & Dellal, İ. (2017). Türkiye’de yemelik baklagillerin gelecek eğilimlerinin belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 7-18.
- Çoban, O., Peker, A. E., & Kubar, Y. (2010). Türk tarımının Avrupa Birliği ülkeleri karşısındaki sektörel rekabet gücü. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 10(20), 247-266.
- Erkan, B., Arpacı, B. B., Yaralı, F., & Güvenç, İ. (2015). Türkiye’nin Sebze İhracatında Karşılaştırmalı Üstünlükler. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(4), 70-76. <https://doi.org/10.18016/ksujns.61527>
- Fidan, H. (2009). Comparison of citrus sector competitiveness between Turkey and EU-15 member countries. *HortScience*, 44(1), 89-93. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.1.89>
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2022a). Ticaret verileri. Erişim adresi <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2022b). Statistical data for edible grain legumes foreign trade. Erişim adresi <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>
- Gül, M., & Işık, H. (2002). Dünyada ve Türkiye’de baklagil üretim ve dış ticaretindeki gelişmeler. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1-2), 59-72.
- Hinloopen, J., & Van Marrewijk, C. (2001). On the Empirical Distribution of the Balassa Index. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 137(1), 1-35. <https://doi.org/10.1007/BF02707598>
- International Trade Center (TRADEMAP), (2022). Trade Statistics For International Business Development. Erişim adresi <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Karlı, B. (1989). GAP alanında hububat ve baklagil pazarlamasında görev alan kuruluşlar. *Çiftçi ve Köy Dünyası*, 5(49), 24-30.
- Karlı, B., Gül, M., Kadakoğlu, B., & Karadağ Gürsoy, A. (2018). Türkiye’de tarımsal desteklerin mısır tarımına etkileri. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi, Özel Sayı(1)*, 307-317.
- Ketenci, C. K., & Bayramoğlu, Z. (2018). Türkiye’de ceviz üretiminin rekabet analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(3), 339-347. <https://doi.org/10.30910/turkjans.448387>
- Miral, Z. C. (2006). Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler ve Türkiye’nin Avrupa Birliği’ne karşı rekabet gücü: seçilmiş tarımsal ürünler için bir uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Önder, M. (2017). *Sürdürülebilir Tarla Tarımı ve Yemelik Tane Baklagillerin Önemi*. Muş Ovası Tarım ve Hayvancılık Çalıştayı. Mayıs 15-16, Muş, (1), 25-32.
- Özden, C. (2015). Dünya ve Türkiye baklagil piyasaları ve ihracat rekabeti açısından Türkiye’nin konumu. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Peker, A. (2015). Türkiye hububat ve baklagil alt sektörünün Avrupa Birliği pazarı karşısındaki rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 1-20.
- Resmi Gazete (1982). Nadas Alanlarının Daraltılmasına İlişkin Karar. Erişim adresi <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/17903.pdf>
- Resmi Gazete (2005, 2006, 2007, 2008, 2009). Bakanlar Kurulu Kararı Uygulama Tebliği ve Alan Bazlı Destekleme Ödemesi Yapılmasına Dair Kararlar.
- Resmi Gazete (2010, 2011, 2012, 2013, 2014). Tarımsal Desteklemelere İlişkin Bakanlar Kurumu Kararı.
- Resmi Gazete (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021). Bitkisel Üretime Destekleme Ödemesi Yapılmasına Dair Tebliğ.
- Resmi Gazete (2018). Hububat Ürünü Alımı ve Satımı Hakkında Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar. Erişim adresi <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/10/20181024-3.pdf>
- Serin, V., & Civan, A. (2008). Revealed comparative advantage and competitiveness: A case study for Turkey towards the EU. *Journal of Economic and Social Research*, 10(2), 25-41.

- Şahinli, M. (2014). Revealed comparative advantage and competitiveness: Turkey agriculture sector. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(3), 210-217. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.236276>
- Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü (TMO), (2021). 2020 Yılı Bakliyat Sektör Raporu. Erişim adresi <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/bakliyat2020.pdf>
- Tuna, Y. (1989). Tarım ürünleri fiyatlarına devlet müdahalesi ve Türkiye'de müdahale fiyat politikasının tarihçesi. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, (47)1-4, 345-365.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2022a). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2022b). Bitkisel Ürün Denge Tabloları. Erişim adresi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2022c). Tarımsal Ürün Fiyatları ve Üretim Değerleri, Bitkisel Ürün Fiyatları. Erişim adresi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=110&locale=tr>
- Tüzün, S. (1993). Polatlı ilçesinin kuru tarım alanlarında, nadas alanlarını değerlendirmek için yetiştirilen başlıca bitkisel ürünlerin maliyetleri ve fiziki üretim girdilerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yercan, M., & Işıklı, E. (2007). International competitiveness of Turkish agriculture: a case for horticultural products. *Acta Agriculturae Scand Section C*, 4(3), 181-191. <https://doi.org/10.1080/16507540701597170>

Farklı NPK Dozlarıyla Birlikte Uygulanan Kompost ve Vermikompostun Buğdayın Gelişimi ve Mineral Beslenmesine Etkisi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 88-94, 2022

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 88-94, 2022

Süleyman Şefik KURT¹, İbrahim ERDAL*¹

Öz: Araştırmada farklı NPK dozlarıyla birlikte uygulanan kompost ve vermikompostun buğdayın gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak planlanmış ve sera koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Araştırmada, kompost ve vermikompostun iki dozu (0 ve 1.5 t/da), NPK'nın ise üç dozu (NPK0, NPK1: 150, 100, 100 mg/kg ve NPK2: 300, 200, 200 mg/kg) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında kompost ve vermikompostun benzer etkilere sahip olduğu görülmüş, tek başına uygulanmalarının incelenen parametreler üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık, her iki kompost materyalinin de NPK ile birlikte uygulanması bitkinin mineral beslenmesini olumlu etkilemiştir. Buğdayın gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine en etkili uygulamaların NPK uygulamaları olduğu görülürken, kimyasal gübre uygulaması olmadan organik gübre uygulamalarının, buğdayın gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine olumlu bir katkısının olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki besleme, bitki gelişimi, kimyasal gübreleme, kompost, vermikompost

Effect of Compost and Vermicompost Applied with Different NPK Doses on Growth and Mineral Nutrition of Wheat

Abstract: In this study, it was aimed to examine the effects of compost and vermicompost applied with different NPK doses on the growth and mineral nutrition of wheat. Study was planned according to randomized parcels experimental design and conducted as a pot experiment with three replications under greenhouse condition. Two dosages (0 and 1.5 t/da) of compost and vermicompost and three dosages of NPK (NPK0, NPK1: 150, 100, 100 mg/kg ve NPK2: 300, 200, 200 mg/kg) were used in the experiment. Looking at the results obtained, it was seen that compost and vermicompost had similar effects and their application alone did not have a significant effect on the parameters examined. On the other hand, applications of both compost materials together with NPK, positively affected the mineral nutrition of the plant. While it was seen that the most effective applications on the growth and mineral nutrition of wheat were NPK applications, organic fertilizer applications without chemical fertilizer did not have a positive contribution on the growth and mineral nutrition of wheat.

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
ibrahimerdal@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 05/07/2022
Kabul (Accepted): 23/09/2022

Keywords: Plant nutrition, plant growth, chemical fertilization, compost, vermicompost

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü, Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Artan gıda ihtiyacına bağlı olarak tarım toprakların çok daha fazla kullanılabilir hale gelmesi en başta toprakların en

önemli bileşenlerinden olan toprak organik maddesini etkilemektedir. Toprak verimliliği ve bitki gelişimi üzerinde sayısız dolaylı ve/veya doğrudan etkisi bulunan organik maddenin olmadığı bir toprağın verimli olabilmesi

gerçekten olanaksızdır. Toprak organik maddesi bir taraftan toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek suretiyle bitki gelişimine dolaylı bir etki yaparken, diğer taraftan da mineralizasyon sonucu açığa çıkan mineral besin elementlerini bitkinin kullanımına sunmak suretiyle bitki gelişimini doğrudan teşvik etmektedir (Üçok vd.,2019; Kiliç ve Sönmez, 2019; Havlin vd., 2016; Taban vd., 2013; Ritz vd., 2003; Aggelides ve Londra, 2000). Tarım alanlarında en yaygın kullanılan organik madde kaynağı ahır gübresi olmakla beraber, yeşil gübreleme, değişik doğal organik materyaller, tarımsal işletme atıkları, tarımsal endüstri atıkları, algler, hümitik maddeler vb. yanında kompost ve solucan kompostu toprağa organik madde girdisi sağlayan önemli kaynaklardır. Bitkisel üretimi artırmada en etkili yol kimyasal gübrelerdir. Kimyasal gübreler, bitkilerin alabileceği formlarda besin elementi içermesi yanında, çok hızlı etki göstermesi nedeniyle, kaliteli ve bol ürün için vazgeçilmesi imkânsız bir tarımsal girdidir. Kimyasal gübrelerin zamanında, yeteri miktarda ve doğru yöntemlerle kullanımı bitkisel üretimde verim artışı sağlamakla birlikte (Havlin vd., 2016) kimyasal gübrelerin bilinçsiz kullanımı, geniş çerçevede onarımı zor zararlara neden olabilir. Yeni çevresel yaklaşımlar ve sürdürülebilir tarım çerçevesinde bitkisel üretimde kimyasal girdi kullanımının azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedefler içerisinde kimyasal gübre kullanımını tamamen sıfırlamanın doğru bir yaklaşım olmadığını belirtmek gerekir. Bunun yerine, kimyasal gübre miktarını azaltarak onun etkinliğini artırıcı önlemler almak daha doğrudur. Bu önlemler içerisinde bir taraftan kimyasal gübrelerin etkinliğini artıran, diğer taraftan kendi özellikleri itibarıyla hem toprağın özelliklerini iyileştiren hem de toprağa besin elementi sağlayacak çeşitli kaynakların kullanımına yönelmek daha doğru olabilir.

Yapılan çeşitli çalışmalar, toprağa uygulanan kompost ve solucan kompostu gibi organik girdilerin, bir taraftan topraklara besin elementi sağlarken diğer taraftan da hem toprakta mevcut besin elementlerinin yarıyışlıklarını hem de kimyasal gübrelerin etkinliklerini arttırdıkları belirlenmiştir (Shen ve Yang, 2008). Kompostlanmış materyaller aynı zamanda, toprağın çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek suretiyle de bitki gelişimine dolaylı katkılarda sağlamaktadır (Özkan vd., 2016; Anyanwu vd., 2015; Sönmez vd., 2011; Edwards, 1998).

Kompost ve solucan kompostunun toprak verimliliği üzerine olan bireysel etkileri yanında, kimi durumlarda bu gübrelerin kimyasal gübrelerle birlikte uygulanmasının daha etkili olduğuna dair bulgular da mevcuttur (Wang vd., 2017; Pimpini vd., 1992; Montagu ve Goh, 1990). Cheraghi vd. (2016), tarafından yapılan çalışmada organik gübre ve kimyasal gübre kombinasyonlarının buğday verimi üzerine en iyi sonuçları verdiğini belirlemişlerdir. Yine bir diğer çalışmada, kırmızı baş lahana bitkisinin

verimi üzerine en etkili uygulamanın kimyasal gübrelemeyle birlikte yapılan dekara 400 kg vermikompost uygulamasının olduğu bildirilmiştir (Maltaş vd., 2017).

Bu araştırmada, farklı NPK dozlarıyla birlikte uygulanan aynı karışımlardan hazırlanmış kompost ve vermikompostun, buğday bitkisinin gelişimi ve mineral beslenmesine etkilerini incelemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma toprağına ait kimi özellikler

Araştırmada kullanılan deneme toprağı orta bünyeli olup, hafif alkali özelliktedir. Kireç içeriğı yüksek, organik madde içeriğı düşük olan toprağın tuzluluk sorunu yoktur. Deneme toprağının yarıyışlı P, Zn ve Mn içerikleri düşük olup K, Ca, Mg, Fe ve Cu içerikleri ise yeterlidir (Alpaslan vd., 1998). Toprak analiz sonuçlarına ait veriler ve analizlerde kullanılan yöntemler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değerlendirme	Yöntem
Bünye	Killi Tınlı	Bouyoucous, 1936
pH	8.18	Thomas, 1996
EC	0.21	Rhoades, 1996)
Kireç (%)	37.85	Loeppert ve Suarez, 1996
OM (%)	1.2	Walkley ve Black, 1934
P (mg/kg)	4.55	Olsen, 1954
K (mg/kg)	369	
Ca (mg/kg)	3908	Carson, 1980
Mg (mg/kg)	397	
Fe (mg/kg)	11.28	
Zn (mg/kg)	0.46	Lindsay ve Norvell, 1978
Mn (mg/kg)	3.21	
Cu (mg/kg)	1.77	

2.2. Araştırma toprağına ait kimi özellikler

Yürütülen denemede, başak tipi beyaz, kılçıklı, dane görünümü beyaz ve sert olan, bitki boyu 110-115 cm olan Müfitbey buğday çeşidi kullanılmıştır.

2.3. Araştırmada kullanılan kompost ve solucan kompostu

Denemede kullanılan kompost materyalleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü kompost laboratuvarında üretilmiştir. Her iki kompost materyali de yaş bazda hacim esasına göre % 25 yağ gülü işletme atığı, % 23 hayvan dışkısı, % 37 pazar atıkları ve % 15 saman karışımından oluşmaktadır. Elde edilen kompostların toplam besin elementi içerikleri Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 2. Kompost ve solucan kompostunun toplam besin elementi içerikleri

Besin elementleri	Kompost	Solucan kompostu
N (%)	2.2	2.2
P (%)	0.75	0.73
K (%)	2.28	2.18
Ca (%)	3.87	3.30
Mg (%)	1.25	0.93
Fe (mg/kg)	235	238
Zn (mg/kg)	34	42
Mn (mg/kg)	27	27
Cu (mg/kg)	8.0	8.4

2.4. Denemenin kuruluşu

Araştırma 3 NPK uygulaması, 2 kompost materyali (kompost: K ve vermikompost: VK), 2 kompost dozu ve 3 tekrarı içeren 36 saksıdan oluşmuştur. Deneme 2 kg toprak alan saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre sera denemesi olarak planlanmış ve 8 hafta süreyle yürütülmüştür.

Denemede, NPK uygulamaları: Kontrol (NPK0: 0), 1/2 NPK (NPK1: 150, 100, 100 mg/kg) ve 1/1 NPK (NPK2: 300, 200, 200 mg/kg) şeklinde, kompost ve vermikompost uygulamaları ise dekara 0 ve 1.5 ton olacak şekilde yapılmıştır (1 da alan 250.000 kg olarak alınmıştır). Kimyasal gübre kaynağı olarak üre, triple süper fosfat ve potasyum sülfat gübrelerinin kullanıldığı araştırmada, kimyasal gübreleme çözelti halinde, kompost materyalleriyle birlikte ekimden önce toprağa verilmiştir. Topraklar iyice karıştırıldıktan sonra her saksıya 10 tohum ekilmiş, çıkıştan sonra bitki sayısı 5'e düşürülmüştür.

Gelişme süresi sonunda bitkiler toprak yüzeyinden kesilmiş, çeşme suyu ve saf sudan geçirildikten sonra etüvde 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitki örnekleri tartıldıktan sonra öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Bitki

örneklerinde N Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1982). Diğer besin elementi analizleri için ise 0.5 g öğütülmüş bitki örneği alınarak 450 dereceye ayarlı kül fırınında yaklaşık 6 saat süreyle yakılmıştır. Elde edilen bitki külleri, seyreltik asitle sıcak tabla üzerinde çözüldürülmüş ve saf su ile seyreltilerek kaba filtre kâğıdı yardımıyla 50 mL'lik balonlara süzümüştür. Bu örneklerde P, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemiyle, diğer elementler ise AAS de okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2010).

2.5. İstatistiksel değerlendirme

Sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi MSTAT programıyla yapılmış olup, ortalamalar arası fark Duncan testiyle karşılaştırılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular

Bitki kuru ağırlığı ve makro element konsantrasyonlarına uygulamaların karşılıklı etkileri Tablo 3, uygulamaların bireysel etkileri ise Tablo 4 te verilmiştir. Uygulamaların karşılıklı etkilerine göre bir değerlendirme yapıldığında, saksı başına elde edilen bitki kuru ağırlık değerleri 4.32 ile 14.40 g arasında, istatistiksel olarak anlamlı olan geniş bir varyasyon göstermiştir. Uygulamaların bireysel etkilerine ait genel ortalamalara bakıldığında kompost (K) ve vermikompost (VK) arasında anlamlı bir fark bulunmazken K ve VK dozları arasında da anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Buna karşılık kimyasal gübre dozları bitki kuru ağırlığını anlamlı bir şekilde etkilemiştir. En düşük kuru ağırlık değeri NPK0 en yüksek kuru ağırlık değerine ise NPK1 konularından elde edilmiştir. Bitki N konsantrasyonlarına bakıldığında, genellikle NPK2 uygulamalarının olduğu konularda daha yüksek değerlere ulaşılmış ve en yüksek değer, % 3.8 ile K1+NPK2 konusundan elde edilmiştir. Ortalamalara göre, kompost materyallerinin bitkinin N konsantrasyonuna etkisi benzer bulunurken, kompost dozlarının da benzer etkiye sahip

Tablo 3. Uygulamaların buğdayın bitki kuru ağırlığı ile N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonuna etkileri

Uygulama	Kuru Ağırlık (g/saksı)	N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonuna etkileri				
		N	P	K (%)	Ca	Mg
K0+NPK0	4.32 c*	2.1 b	0.28 f-h	2.29 b	0.29 bc	0.15
K0+NPK1	13.89 a	2.1 b	0.31 e-g	1.45 c	0.18 c	0.14
K0+NPK2	13.43 a	2.3 b	0.36 c-e	2.29 b	0.26 bc	0.14
K1+NPK0	5.71 c	2.0 b	0.34 d-f	2.50 ab	0.29 bc	0.10
K1+NPK1	13.1 ab	2.3 b	0.33 d-g	2.63 ab	0.25 bc	0.10
K1+NPK2	10.52 b	3.8 a	0.57 a	3.03 a	0.34 b	0.11
VK0+NPK0	4.39 c	1.7 b	0.22 h	1.98 bc	0.16 c	0.15
VK0+NPK1	14.40 a	2.0 b	0.27 g-h	1.95 bc	0.20 bc	0.14
VK0+NPK2	10.68 b	3.5 a	0.43 b	2.38 b	0.30 bc	0.14
VK1+NPK0	7.01 c	1.7 b	0.41 bc	2.03 bc	0.23 bc	0.10
VK1+NPK1	12.74 ab	2.1 b	0.38 b-d	2.55 ab	0.35 b	0.11
VK1+NPK2	11.95 ab	3.3 a	0.42 bc	2.91 a	0.89 a	0.10

*Aynı harfi paylaşan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (P<0.05)

olduğu görülmüştür. Bitki N konsantrasyonu sadece NPK uygulamalarından anlamlı şekilde etkilenmiş, NPK dozu arttıkça bitki N konsantrasyonları da artmıştır. Bitki P konsantrasyonu % 0.22 (VK0+NPK0) ile % 0.57 (K1+NPK2) arasında anlamlı bir değişim göstermiştir. Ortalama değerlere göre K ve VK arasında bir fark görülmezken, K ve VK uygulanan bitkilerin, uygulanmayanlara göre anlamlı derecede daha yüksek P içerdiği belirlenmiştir. Kimyasal gübre uygulamalarının bitki P konsantrasyonlarına etkisine bakıldığında ise, en etkili uygulama NPK2 uygulaması olmuştur. Uygulamaların bitkinin K konsantrasyonuna etkisine gelince, en düşük bitki K değeri % 1.45 ile K0+NPK1 uygulamalarında, yüksek K konsantrasyonu ise % 3.03 ile K1+NPK2 ve % 2.91 ile VK1+NPK2 konularında belirlenmiştir. Bitkinin K konsantrasyonları arasındaki uygulamalara bağlı bu fark istatistiki açıdan da anlamlı bulunmuştur. Bitkinin K konsantrasyonuna kompost çeşitlerinin etkisi anlamlı olmazken, dozlar arası farka göre K1 uygulamalarına ait bitkilerin diğerlerine göre anlamlı derecede yüksek K içerdiği belirlenmiştir. NPK uygulamalarına göre yapılan değerlendirmeye göre, artan NPK dozlarının, bitkinin K konsantrasyonunu da arttığı belirlenmiştir. Bitki Ca konsantrasyonları üzerine, uygulamaların interaksiyon etkisi anlamlı olmuştur. En etkili uygulamanın VK1+NPK2 uygulamasının olduğu denemede, en düşük Ca değerine

istatistiksel VK0+NPK0 uygulamasında rastlanmıştır. Ortalamalara göre bitkinin Ca konsantrasyonu üzerine kompost materyallerinden VK'nın, dozlara göre bakıldığında ise VK1' dozunun daha etkili olduğu belirlenmiştir. Kimyasal gübre uygulamalarında ise, NPK2 koşullarında yetişen bitkilerin daha yüksek Ca içerdiği belirlenmiştir. Uygulamaların gerek interaksiyon, gerek se bireysel etkileri bitkinin Mg konsantrasyonları üzerinde anlamlı olmamıştır.

Uygulamaların karşılıklı etkilerinin buğdayın mikro element konsantrasyonu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 5). Buğdayın mikro element konsantrasyonları, Cu için 3.5 (K1+NPK1 ve K0+NPK1) ile 8.4 ppm (VK0+NPK2), Mn için 77 (K1+NPK1) ile 109 ppm (VK0+NPK0 ve VK1+NPK2), Fe için 53 (VK0+NPK0) ile 127 ppm (K1+NPK2) ve Zn için 13 (K0+NPK1) ile 26 (K1+NPK0) ppm arasında değişim göstermiştir. Uygulama konularının ortalamalarına bakıldığında, bitkinin Cu konsantrasyonu açısından K'nın VK'ye göre daha etkili olduğu görülmüştür. Organik gübre dozlarından VK1 konularından elde edilen bitkilerin Cu konsantrasyonlarının diğerlerine göre anlamlı şekilde düşük olduğu, diğer üç uygulamanın ise eşit şekilde etki gösterdiği, NPK konuları içerisinde en etkili uygulama NPK2 konusu olduğu ve bu koşullarda yetişen bitkilerin

Tablo 4. Uygulamaların genel ortalamalarına göre bitki kuru ağırlığı ile N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları

Uygulama	Kuru ağırlık (g/saksı)	N		P		K		Ca	Mg
						(%)			
K	10.2	2.4	0.36	2.36	0.26 b	0.12			
VK	10.2	2.4	0.35	2.30	0.35 a	0.12			
K0	10.55	2.2	0.31 b	2.00 c	0.24 bc	0.14			
K1	9.78	2.7	0.41 a	2.71 a	0.29 b	0.14			
VK0	9.82	2.4	0.30 b	2.10 b	0.21 c	0.14			
VK1	10.57	2.4	0.40 a	2.49 bc	0.49 a	0.10			
NPK0	5.36 c*	1.9 c	0.31 b	2.20 b	0.24 b	0.12			
NPK1	13.55 a	2.1 b	0.32 b	2.14 ab	0.24 b	0.12			
NPK2	11.65 b	3.2 a	0.45 a	2.65 a	0.45 a	0.12			

*Aynı harfi paylaşan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (P<0.05)

Tablo 5. Uygulamaların buğdayın Cu, Mn, Fe ve Zn konsantrasyonlarına etkileri

Uygulama	Cu		Mn		Fe		Zn	
	(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)	
K0+NPK0	7.3 a*	103 a	61 c-e	22 a				
K0+NPK1	3.5 c	95 ab	55 d-e	13 b				
K0+NPK2	6.2 a	88 b	72 b-e	14 b				
K1+NPK0	4.5 bc	105 a	81 bc	26 a				
K1+NPK1	3.5 c	77 c	88 b	17 ab				
K1+NPK2	7.0 a	92 b	127 a	21 a				
VK0+NPK0	4.2bc	109 a	53 e	23 a				
VK0+NPK1	4.1 bc	97 ab	69 b-e	14 b				
VK0+NPK2	8.4 a	93 b	69 b-e	15 b				
VK1+NPK0	3.9 bc	102a	61 c-e	21 a				
VK1+NPK1	3.6 c	85 b	76 b-d	18 ab				
VK1+NPK2	3.8 c	109a	75 b-e	19 ab				

*Aynı harfi paylaşan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (P<0.05)

Tablo 6. Uygulamaların genel ortalamalarına göre buğdayın Cu, Mn, Fe ve Zn konsantrasyonları

Uygulamalar	Cu	Mn	Fe	Zn
	(ppm)			
K	5.3 a*	93	81 a	19
VK	4.7 b	99	67 b	18
K0	5.7 a	95	62 b	19
K1	5.0 a	91	99 a	22
VK0	5.6 a	99	63 b	17
VK1	3.8 b	99	71 b	19
NPK0	5.0 b	104 a	64 c	23 a
NPK1	3.7 c	89 c	72 b	16 b
NPK2	6.4 a	95 b	86 a	17 b

*Aynı harfi paylaşan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (P<0.05)

daha fazla Cu içerdiği görülmüştür (Tablo 6). Bitkinin Mn konsantrasyonu üzerine her iki kompost materyalli benzer etki yaparken, kompost materyallerinin dozları arasında da anlamlı etki bulunmamıştır. Bitki Mn konsantrasyonu üzerine NPK dozlarının etkisi anlamlı olurken, en yüksek Mn değeri NPK0 koşullarında yetişen bitkilerde ölçülmüştür (Tablo 6). Bitkide belirlenen Fe konsantrasyonları uygulamalara bağlı olarak 53 ile (VK0+NPK0) 127 ppm (K1+NPK2) arasında geniş bir varyasyon göstermiştir. Uygulamaların ortalamalarının etkilerine göre değerlendirildiğinde, bitki Fe konsantrasyonları üzerine K'nın VK'dan daha etkili olduğu görülmüş, dozlara göre değerlendirildiğinde ise K1 koşullarında yetişen bitkilerin daha fazla Fe içerdiği belirlenmiştir. NPK'nın artan dozları bitkinin Fe içeriğinin artmasına neden olmuştur (Tablo 6). Uygulamaların karşılıklı etkilerine bakıldığında, buğdayın Zn konsantrasyonunun 13 (K0+NPK1) ile 26 (K1+NPK0) ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Uygulamaların bireysel etkilerine gelindiğinde, kompost çeşitleri ve uygulama dozlarının etkisinin Zn konsantrasyonu üzerine anlamlı etkilerinin olmadığı belirlenmiş, buna karşılık NPK uygulamasının buğdayın Zn konsantrasyonunu olumsuz etkilediği görülmüştür (Tablo 6).

4. Tartışma ve Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre genel bir değerlendirme yapıldığında bitkinin kuru ağırlığı üzerine kompost farklılığı ve kompost dozlarının anlamlı bir etkisi olmamış, bitki kuru ağırlığını etkileyen bireysel faktörün sadece NPK uygulaması olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Günhan (2020) azaltılmış azot gübresi uygulamaları ve solucan gübresi kombinasyonlarının buğdayın verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini incelemiş ve elde edilen sonuçlar solucan gübresi uygulamalarının çeşitli verim öğeleriyle dekara verim üzerine görünen bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Yapılan bir diğer çalışmada, farklı organik gübre uygulamalarının hıyar bitkisinin verim ve verim özellikleri üzerine anlamlı bir fark yaratmadığı ifade edilmiştir (Kuzucu ve Dumlupınar, 2017). Uygulama dozunun bir miktar fazla olması da bitki gelişiminde beklenen artışın görülememesinin bir diğer nedeni

olabilir. Nitekim yürütülen bir çalışmada yüksek konsantrasyonda uygulanan kompost materyallerinin bitki gelişimi üzerinde beklenen etkiyi yapmadığı ifade edilmiştir (Coşkan ve Yılmaz, 2015). Uygulamaların bireysel etkilerine ait ortalamalara bakıldığında, K ve VK'nın bitkinin mineral beslenmesi üzerine olan etkilerinin çoğunlukla benzer olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde, Erdal ve Ekinci (2020) kompost ve vermikompostun Mg hariç diğer besin elementleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yine aynı şekilde Erdal vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada K ve VK'nın artan dozlarının bitkinin besin elementi içeriği üzerinde olumlu bir etkisi olurken, K ve VK farklılığının bitkinin mineral beslenmesi üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı ortaya konmuştur. Bitkinin N, P ve K konsantrasyonu açısından bir değerlendirme yapıldığında K1+NPK2 interaksiyonu altındaki bitkilerin diğer koşullar altındaki bitkilere göre daha fazla besin elementi içerdiği görülmektedir. Benzer durum bitki Ca konsantrasyonlarında da görülmüş ve VK'nın NPK ile birlikte uygulanması (VK1+NPK2) durumunda bitkinin Ca içeriğinin önemli derecede artmıştır. Bu durum, K ve VK'nın kimyasal gübrelerle birlikte verildiği durumda bitkilerin mineral beslenmesi üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu olay, kimyasal gübrelemeyle organik maddenin C/N oranının azalması ve daha kolay mineralize olmasıyla ilişkilendirilebilir (Ateş ve Coşkan, 2016). Artan mineralizasyona bağlı olarak bitkilerin besin elementlerinden daha fazla yararlandığı düşünülmektedir. Maltaş vd (2017), yaptıkları çalışmada kimyasal gübrelemeye ek olarak dekara 400 kg vermikompost uygulamasının kırmızı baş lahana yetiştiriciliği için tavsiye edilebileceğini bildirmişlerdir. Yapılan NPK gübrelemesine bağlı olarak bitkideki N, P ve K miktarının artması gübrelemenin doğal ve beklenen bir sonucu olmakla birlikte, bitkinin Ca konsantrasyonunun artması P kaynağı olarak kullanılan TSP içerisindeki yarıyıllı Ca'dan kaynaklanabilir (Kacar, 2013). Yüksek dozda uygulanan NPK'nın bitkinin Zn konsantrasyonuna olan olumsuz etkisi ise, P ile Zn arasında görülen negatif etkileşimden kaynaklanmış olabilir (Marshner, 2011, Mengel, ve Kirkby, 2012).

Sonuç olarak kompost ve vermikompost uygulamalarının bitki gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine etkileri benzer bulunmuştur. Aynı zamanda her iki kompost materyalinin de tek başına uygulamasının bitki gelişimi üzerine anlamlı bir etkisi görülmemiş, buna karşılık NPK ile uygulanması bitkinin mineral beslenmesine olumlu etkilemiştir. Bu durumda kompost ve vermikompostun NPK ile birlikte uygulanması önerilebilir.

Teşekkürler

Bu araştırma Süleyman Şefik KURT'un Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır. Desteklerinden dolayı ISUBÜ BAP koordinasyon birimine teşekkür ederiz.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Aggelides, S. M., & Londra, P. A. (2000). Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, 71(3), 253-259.
- Alpaslan, M., Güneş, A., & İnal, A. (1998). *Deneme tekniği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın, 1501, Türkiye.
- Anyanwu, C. F., Ngohayon, S. L., Ildefonso, R. L., & Ngohayon, J. L. (2015). Application of Indigenous Microorganisms (IMO) for Bio-Conversion of Agricultural Waste. *International Journal of Science and Research*, 4(5), 778-784.
- Ateş, N., & Coşkan A. (2016). Toprak solucanı, organik ve mineral gübreli koşullarda mısır bitkisi performansını artırdı. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 39-49.
- Bouyoucos, G. J. (1936). Directions for making mechanical analyses of soils by the hydrometer method. *Soil Science*, 42(3), 225-230.
- Bremner, J. M. (1982). Total nitrogen. *Methods of soil analysis. American Society of Agronomy Mongrn*, 10(2), 594-624.
- Carson, P. L. (1980). *Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region*. Regional Publication, United States of America.

- Cheraghi, Y., Mohyedi, F. A., & Kalhor, M. (2016). Effects of organic and chemical fertilizers on yield components of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Islamic Azad University, Cheraghi IIOABJ*, 7(8), 82-86.
- Coşkan, A., & Yılmaz, K. (2015). Effects of vermikompost extract tea on tomato seedling production. In *The Proceedings of the International Congress on Soil Science in International Year of Soil*, pp 19-23, Russia.
- Edwards, C. A. (1998). *The use of earthworm in the breakdown and management of organic waste*. ACA Press LLC, Boca Raton, United States of America.
- Erdal, I., Dogan, A., Yaylaci, C., & Alaboz, P. (2018). Comparing the effects of compost and vermikompost on corn growth, nutrient concentration and uptake during the different growth periods. *Scientific Papers-Series A-Agronomy*, 61, 77-83.
- Erdal, İ., & Ekinci, K. (2020). Effects of composts and vermikomposts obtained from forced aerated and mechanically turned composting method on growth, mineral nutrition and nutrient uptake of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 43(9), 1343-1355.
- Günhan, T. (2020). Azaltılmış azot gübresi uygulamaları ve solucan gübresi kombinasyonlarının pehlivan ekmeçlik buğday çeşidinde (*Triticum aestivum* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2016). *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Education, India.
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). *Bitki analizleri*. Nobel Akademik yayıncılık, Türkiye.
- Kacar, B. (2013). *Temel gübre bilgisi*. Nobel Yayın, Türkiye.
- Kiliç, B., & Sönmez, İ. (2019). Determination of the effects of different organic fertilizers and doses on soil properties. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 91-96
- Kuzucu, C. O., & Dumlupınar, B. B. (2017). Farklı organik bitki besin maddelerinin Çengelköy Hıyarının (*Cucumis sativus* L) tohum verim ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 59-67.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- Loeppert, R. H., & Suarez, D. L. (1996). Carbonate and gypsum, in: Sparks, D. L. (eds.), *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods* (pp 437-474). Soil Science Society of America Inc.
- Maltaş, A. Ş., Tavalı, İ. E., Uz, İ., & Kaplan, M. (2017). Kırmızı baş lahana (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra) yetiştiriciliğinde vermikompost uygulaması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 155-161.
- Montagu, K. D., & Goh, K. M. (1990). Effects of form and rates of organic and inorganic nitrogen fertilisers on the yield and some quality indices of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 18(1), 31-37.

- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd. ed.). Academic press, Massachusetts, United States of America.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2012). *Principles of plant nutrition*. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. Agricultural Research Service, Washington, United States of America.
- Özkan, N., Dağlıoğlu, M., Ünser, E., & Müftüoğlu, N. M. (2016). Vermikompostun ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-5.
- Pimpini, F., Giardini, L., Borin, M., & Gianquinto, G. (1992). Effects of poultry manure and mineral fertiliser on the quality of crops. *Journal of Agricultural Sciences*, 118(2), 215-221.
- Rhoades, J.R. (1996). Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids, in: Sparks, D. L. (eds.), *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods* (pp 417-435). Soil Science Society of America, Inc.
- Ritz, K., Mchugh, M., & Harris, J. (2003) Biological diversity and function ineffective indicators. *Proceedings OECD Expert Meeting on Soil Erosion And Soil Biodiversity Indicators*, 25-28.
- Shen, W., & Yang, H. (2008). Effects of earthworm and microbe on soil nutrients and heavy metals. *Agricultural Sciences in China*, 7(5), 599-605.
- Sönmez, S., Çıtak S., Koçak, F., & Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1), 56-69.
- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ., & Polat, E. (2019). Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıkcık salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim, kalite ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 63-68.
- Taban, S., Turan, M. A., & Katkat, A. V. (2013). Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10(1), 9-13.
- Thomas, G.W. (1996). *Soil pH and soil acidity*, in: Sparks, D. L. (eds.), *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods* (pp 475-490). Soil Science Society of America Inc.
- Walkley, A., & Black, L. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Wang, X. X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y., & Yang, L. (2017). Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1978.

Determination of Olive Tree (*Olea europaea* L.) Some Dendrometric Components from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data with Local Extrema and Multiresolution Segmentation Algorithms

Mesut ÇOŞLU¹, Namık Kemal SÖNMEZ*²

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 95-103, 2022

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 95-103, 2022

Abstract: In this study, it was aimed to determine the dendrometric components of olive trees by using an unmanned aerial vehicle (UAV). The research was carried out in the olive groves of Akdeniz University Faculty of Agriculture. The study consists of the basic stages of acquisition, processing and analysis of UAV images. In the first stage, autonomous flight was performed with the UAV and digital images of the area were collected. In addition, at this stage, the number and height of olive trees in the area were determined by making local measurements. In the second stage, orthomosaic image, digital surface model (DSM) and digital terrain model (DTM) were produced by processing UAV images. At this stage, tree crown boundaries were determined by manual digitization over the orthomosaic image. Then, a canopy height model (CHM) was created to semi-automatically calculate the crown borders, number of trees and tree height values of olive trees. As a result of the evaluation of semi-automatic findings and ground measurements, the general accuracy in the determination of trees in the olive grove was 96.15%, the accuracy of the producer was 85.14% and the user accuracy was 81.82% in the determination of the tree crown boundaries. In addition, high correlations were obtained in the determination of tree crown area ($r = 0.980$) and tree height ($r = 0.918$). According to these results, it has been revealed that some dendrometric components of the olive tree can be determined quite successfully with the semi-automatically calculated data from the UAVs.

Keywords: Canopy height model, olive tree, precision farming, UAV

İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinden Zeytin Ağacının (*Olea europaea* L.) Bazı Dendrometrik Bileşenlerinin Yerel Ekstrema ve Çoklu Çözünürlüklü Bölütleme Algoritmaları ile Belirlenmesi

Öz: Bu çalışmada, insansız hava aracı (İHA) kullanılarak zeytin ağaçlarının dendrometrik bileşenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi zeytinliklerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma, İHA görüntülerinin elde edilmesi, işlenmesi ve analizi temel aşamalarından oluşmaktadır. İlk aşamada İHA ile otonom uçuş gerçekleştirilerek alanın dijital görüntüleri toplanmıştır. Ayrıca bu aşamada yersel ölçümler yapılarak alandaki zeytin ağaçlarının sayısı ve yükseklikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada, İHA görüntüleri işlenerek ortomozaik görüntü, sayısal yüzey modeli (DSM) ve sayısal arazi modeli (DTM) üretilmiştir. Bu aşamada ortomozaik görüntü üzerinden manuel sayısallaştırma ile ağaç taç sınırları belirlenmiştir. Daha sonra zeytin ağaçlarının taç sınırlarını, ağaç sayısını ve ağaç yükseklik değerlerini yarı otomatik olarak hesaplamak için bir kanopi yükseklik modeli (KYM) oluşturulmuştur. Yarı otomatik bulgular ile yersel ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda zeytinlikteki ağaçların tespitinde genel doğruluk %96,15, ağaç taç sınırlarının belirlenmesinde ise üretici doğruluğu %85,14 ve kullanıcı doğruluğu %81,82 olarak bulunmuştur. Ayrıca ağaç taç alanı ($r = 0.980$) ve ağaç yüksekliğinin ($r = 0.918$) belirlenmesinde de yüksek korelasyonlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, İHA'lardan yarı otomatik olarak hesaplanan veriler ile zeytin ağacının bazı dendrometrik bileşenlerinin oldukça başarılı bir şekilde belirlenebildiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kanopi yükseklik modeli, zeytin ağacı, hassas tarım, İHA

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
nksonmez@akdeniz.edu.tr

Alınış (Received): 28/07/2022
Kabul (Accepted): 16/09/2022

¹Akdeniz University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems, Antalya, Türkiye

²Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Space Science and Technologies Faculty of Science, Antalya, Türkiye

1. Introduction

The increasing world population in recent years has also affected the increase in food demand. Increasing food demand and, more importantly, difficulties in accessing quality food have brought some problems to the agenda. The most important of these problems is the ones experienced in sustainable agricultural practices. Precision agriculture is the most effective use of resources in order to ensure sustainability in agricultural production. While resources are used effectively in precision agriculture, it is aimed to minimize environmental effects and increase yield and quality at the same time. Today, studies on precision agriculture applications continue to increase (Carolan, 2017; Das, 2018; Dong et al., 2020).

Remote sensing, which is also defined as the technology of obtaining remote information about an object under investigation, is also frequently used in studies carried out within the scope of agricultural applications (Sunar et al., 2013). Remote sensing platforms are considered as a tool for precision agriculture. The increase in spatial, spectral and temporal resolutions of remote sensed data has also increased the use of this technology in agricultural production areas. Although satellite data, which is frequently used in remote sensing studies, is successfully used in the mapping and monitoring of agricultural production areas, the temporal and spatial resolutions of satellite data for agricultural applications are not sufficient in some cases. For this reason, UAVs have been used frequently in agricultural research in recent years, especially with their low cost and high flexibility capabilities. The most important disadvantage of UAVs, which are very advantageous compared to satellites, is that they have smaller coverage areas. It can be more advantageous to work with UAVs, especially in areas smaller than 5 hectares where precision farming practices are applied (Matese et al., 2013).

Unmanned aerial vehicles are frequently used in precision agriculture because they provide data with higher spatial resolution. Studies using unmanned aerial vehicles include determination of plant heights of wheat of different genotypes under field conditions with low altitude imaging performed by Demir et al., (2018), semi-automatic calculation of plant heights of durum wheat variety shot on three different dates with UAVs with different characteristics by Sönmez et al., (2021), and approaches to automatically finding citrus trees from the digital surface model produced from the images taken from the UAV can be given as examples (Ok and Özdaracı-Ok, 2017).

Unmanned aerial vehicles can also be used in the management of orchards. Orchard management is essentially monitoring the garden and following the trees

in the garden. The operations carried out in this context are the measurement of tree parameters and the monitoring of the change and development in these parameters. This is only possible by tracking and following the trees in the garden on an individual tree basis. For this reason, UAVs that can provide instant data with higher spatial and temporal resolution for trees in orchards can be used for this purpose.

For the determination of trees in the orchard, Ok and Özdaracı-Ok (2018) presented an approach for the detection of citrus trees using photogrammetric DSMs based on UAV images. The researchers found that their method had an overall accuracy of 91.1% in a pixel-based analysis and 97.5% in an object-based analysis. Marques et al. (2019) were able to detect the number of trees in the chestnut orchard with 99% accuracy using the combination of visible and NIR bands and canopy height model. Dong et al. (2020) used the local maxima method in their study to detect apple and pear trees and were able to determine the trees in the orchard with 99% accuracy. Again, Dong et al. (2020) obtained a producer accuracy value of 97.40% in apple trees and 98.0% producer accuracy in pears in the same study they carried out to determine the crown structures of trees in both apple and pear orchards. The user accuracies found in the study are 95.5% and 97.1%, respectively. Ok and Özdaracı-ok (2018) found an F score value of over 92% in an integrated system study they carried out for the detection of citrus fruit trees from the digital surface model, extraction of crown borders and clustering.

Díaz-Varela et al. (2015) estimated the crown diameters of olive trees and obtained RMSE values of 0.32 m ($R^2 = 0.58$) and 0.28 m ($R^2 = 0.22$) for the two study areas, respectively. Castro et al., (2019) carried out a study to determine the earliest date for the appropriate measurement of architectural features of the olive tree using UAV images and object-based image analysis techniques. Within the scope of the study, the diameter and height of the olive tree were evaluated. The olive tree (*Olea europaea L.*), which belongs to the Oleaceae family, is a tree that has been cultivated since ancient times and never leaves its leaves during its development period (Zohary and Spiegel-Roy, 1975). More than 97% of the olive production areas in the world are located in the Mediterranean Basin. While Spain ranks first in the world in terms of olive production, Spain is followed by Greece, Italy and Turkey, respectively (Castro et al., 2019). While there were 80 600 000 trees bearing fruit and 1 100 000 tons of olive production (for table and oil) in 1990 in Turkey, the number of trees was 159 382 000 olive production (for table and oil) by 2020 (TÜİK, 2021).

Although satellite and ground based remote sensing techniques have been widely used in a number of plant

species, there is limited research on olive tree (*Olea europaea* L.) of dendrometric components. Since the development of reliable methods for calculating dendrometric parameters is an important key in evaluating the adaptation of trees to environmental conditions and/or the growing system. In this study it was aimed to determine dendrometric parameters (tree crown boundary crown area and tree height) of olive trees with the UAV.

2. Material and Method

2.1. Study area and data acquisition

The study area is located in Antalya Province, Konyaaltı, Akdeniz University Faculty of Agriculture, at 36° 53' 54" N and 30° 38' 13" E coordinates, 50 m above sea level and 3 km from the Mediterranean Sea. The experiment was carried out on 77 olive trees, which are twenty-five years old, belonging to the Memecik olive variety, located on a total area of 2766.76 m² (Figure 1).

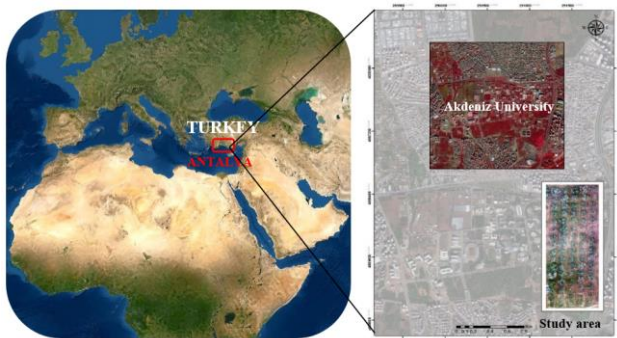


Figure 1. Study area overview

Unmanned aerial vehicle images obtained from the study area were taken in May 2017 at a flight height of 30 m and at a 2 m s⁻¹ speed. The side and frontal overlap rate for all flight lines was 80%. Default values were used for all other parameters in the flight planning phase of the study. The UAV used in the study is DJI Phantom 3 Advanced which is 1280 g weight and has the flight time of about 23 minutes and a 12 MP camera (Figure 2).



Figure 2. The unmanned aerial vehicle used in the study

During the field studies of the research and the acquisition of terrestrial measurement data, the trees in the area were counted in the field. In addition, tree heights were

measured with high precision using a total station (Topcon) and a prism. Trigonometric calculation method was used to obtain tree heights. In this method, the ground is assumed to be flat. (Ramli and Tahar, 2020). The work area is also located on a flat surface. The actual tree height was determined by this process in the field (Figure 3).

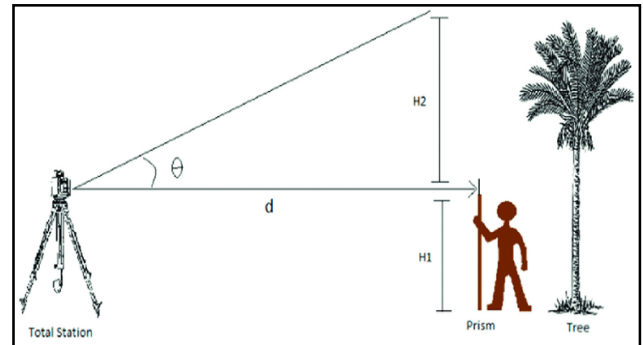


Figure 3. Plant Height Measurement Method in Land Conditions (Ramli and Tahar 2020)

2.2. Method

The study consists of basic processing steps of image processing, image analysis and evaluation (Figure 4). In the image analysis stage of the study, sub-process steps were carried out to determine the olive trees in the grove, to determine the tree crown borders, to calculate the tree crown areas and tree heights.

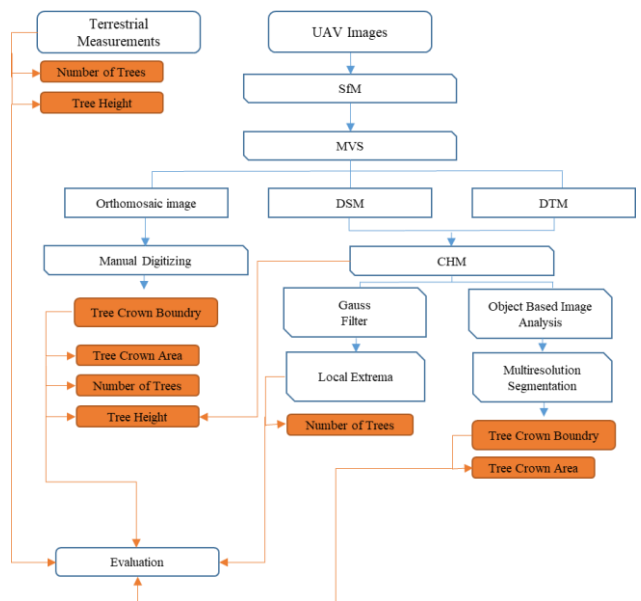


Figure 4. Flowchart

2.2.1. Image processing

The basic data used within the scope of the study are UAV images and terrestrial measurement values obtained from field inventory. For 83 UAV images obtained from the study area, firstly, orthomosaic image of the area, DSM

and DTM were created. For this process, Structure from Motion (SfM) and then Multi View Stereo (MVS) processes were performed in order to produce a 3D model from a series of images obtained with the UAV in Pix4Dmapper Pro (Pix4D Inc., Denver, USA) software. In the first sub-step of this stage, the Pix4Dmapper Pro software automatically performed the matching process and aligned the images by taking into account certain features (keypoints) present in all images to create connection points.

In the second sub-step of this stage, a dense point cloud and a three-dimensional textured mesh are produced. Finally, a DSM was created with the inverse distance weighting method based on the previously created point cloud. At this stage of the study, in addition to DSM, a DSM-based DTM was created using an orthorectified orthomosaic image and an additional module in Pix4Dmapper software. The parameter and processing settings applied to the UAV images during the image processing phase of the study are given in Table 1. While the resolution of the orthomosaic and DSM is 1.33 cm, the ground sampling distance (GSD) of the DTM is set to 5 times the GSD of the orthomosaic image, which is the optimum value in the Pix4Dmapper software.

Table 1. UAV data processing settings

Parameters	Settings
DSM and Orthomosaic Resolution	1xGSD (1.33[cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: IDW Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5xGSD (1.33[cm/pixel])
Time for DSM Generation	11m:22s
Time for Orthomosaic Generation	15m:31s
Time for DTM Generation	01m:59s

2.2.2. Image processing

With the high resolution orthomosaic image produced in the first stage of the study, tree crown borders were

determined by manual digitization in a geographic information systems (GIS) and tree crown areas and tree numbers were determined by using these crown borders. ArcGIS software (Esri, California, USA) was used at this stage. The height of the trees in the study area was calculated by creating a CHM. In this context, a CHM of olive trees was produced using Equation 1.

$$CHM = DSM - DTM \quad (1)$$

At this stage, a Gaussian filter was applied to the CHM as the first operation. The Gaussian filter uses a kernel, which is a square matrix of values applied to image pixels (Trimble, 2014). With the Gaussian filter, each pixel value in the image is replaced by the average of the square area of the matrix centred on the pixel. With this filter, which is also called Gaussian blur, it is aimed to remove noise and details on the image. Then, the number of trees and their positions were determined by calculating the local maximums with the local extrema algorithm on this filtered image. The local extrema algorithm classifies the image objects that meet the local extrema condition to the smallest or largest feature value. This enables the determination of areas that fulfill the maximum or minimum condition within a defined area. In this study, maxima were chosen as the extrema type in the algorithm.

As another process in the study, object-based image analysis was used to determine the tree crown borders. In the object-based image analysis phase of the study, eCognition software (Trimble Inc., Sunnyvale, CA, USA) was used. The most important stage of object-based image analysis is the segmentation stage. Segmentation algorithms used for this purpose are used to divide certain objects in images into smaller image objects in order to separate them from other areas. The most used algorithm for this purpose is the multiresolution segmentation algorithm (MRS) (Drăguţ et al., 2014). The multiresolution segmentation algorithm is a bottom-up segmentation algorithm based on the binary region merging technique, as it successively combines pixels or existing image objects (Trimble, 2014). With this segmentation algorithm, average heterogeneity is minimized and homogeneity is maximized for a certain number of image objects. In the MRS algorithm, the scale parameter and the shape and compactness criteria must be entered. The scale parameter is used to optimize the size of the image objects, while the shape criterion is the relationship between the shape and colour criterion, and the compactness criterion is used to optimize the image objects in terms of integrity. In order to determine the tree crown borders and areas, the MRS algorithm, which is frequently used in object-based image analysis, was applied to the CHM image and the image was segmented (Trimble, 2014). Tree objects were determined by applying threshold values over these segments. The

height of the weeds in the study area was taken into account when determining the threshold value. The areas of these tree crowns, which were transferred to the GIS environment in vector data format, were also calculated.

2.2.3. Evaluation

In the last stage of the study, the relationships between UAV data and ground realities were correlated and the data were evaluated statistically. In this context, accuracy analysis was carried out between the number of trees determined by the local extrema algorithm and trees counted manually in the study area. Using the evaluated possible outcomes and the equations (from Eq.2 to Eq.5) below, the producer, user, and overall accuracy values and the F score were calculated (Ozdarici-Ok 2015; Yin and Wang, 2016; Dong et al., 2020).

$$PA = \frac{TP}{TP+FN} \times 100 \quad (2)$$

$$UA = \frac{TP}{TP+FP} \times 100 \quad (3)$$

$$F = \frac{2xPAxUA}{PA+UA} \quad (4)$$

$$OA = \frac{TP}{TP+FN+FP} \times 100 \quad (5)$$

In addition, at this stage, evaluations were made according to the matching categories determined between the tree crown borders and crown areas, which were determined semi-automatically by the MRS algorithm, and the crown borders and areas that were manually extracted from the orthomosaic image. In order to determine the tree crown borders, six matching accuracy categories were used according to the spatial relationships between manually determined (reference) tree crowns and extracted tree crowns in the olive grove (Jing et al., 2012; Fang et al., 2016; Dong et al., 2020). These categories are matched, near matched, split, merged, wrong and missed (Figure 5).

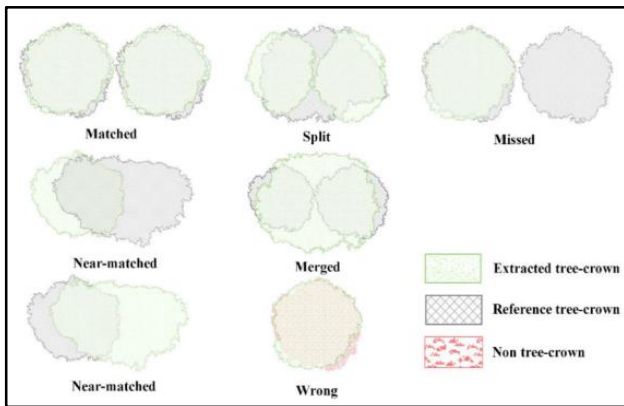


Figure 5. Tree crown matching categories (Dong et al., 2020)

Producer and user accuracy was calculated by using the formulas (from Eq.6 to Eq.9) given below for accuracy

assessment in determining tree crown boundaries (Dong et al., 2020).

$$PA = \frac{E_{ma}}{E_e - E_{wr}} \times 100 \quad (6)$$

$$UA = \frac{R_{ma}}{R_e} \times 100 \quad (7)$$

$$E_e = E_{ma} + E_{nm} + E_{me} + E_{sp} + E_{mi} + E_{wr} \quad (8)$$

$$R_e = R_{ma} + R_{nm} + R_{me} + R_{sp} + R_{mi} \quad (9)$$

where E, extracted tree crown; R, reference tree crown; E_e , total number of tree crowns extracted; R_e , total number of reference tree crowns; ma, number of matching tree crowns; nm, number of near matched tree crowns; me, number of merge tree crowns; sp, number of split tree crowns; mi, number of tree crowns missed; wr number of wrong tree crowns.

In the correlation analysis, the r (Pearson correlation coefficient) value was calculated using Equation 10 as follows:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y} \quad (10)$$

In Pearson's correlation coefficient equation, x_i is the value of the x variable of the observation i; \bar{x} is the sample mean of the x variable; S_x is the sample standard deviation of the variable x; y_i is the y value of the observation i; \bar{y} is the sample mean of the y variable; S_y shows the sample standard deviation of the variable y and n shows the number of observations. In order for the relationship between two variables to be considered statistically significant, the condition $\text{rist} \geq t_\alpha$ must be met (Çubukçu, 2015). In this context, the statistic (rist) of Pearson's correlation coefficient was calculated with Equation 11 as follows:

$$r_{ist} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (11)$$

where r_{ist} is the statistics of Pearson's correlation coefficient; r is Pearson's correlation coefficient and n is the number of observations. At this stage of the study, statistical analysis was carried out between the height data of each tree obtained by using the polygon and CHM, which were extracted from the high resolution orthomosaic image, and the height data obtained by terrestrial measurements from the TOPCON device.

3. Results and Discussion

After the image processing stage, which is the first stage of the study, the orthomosaic image of the area, DSM, DTM, CHM and tree crown borders obtained by manual digitization were produced. The obtained results are shown in Figure 6.

As can be seen in Figure 6, both vector format and raster format data sets were produced for the olive trees in the experimental area. Due to the high spatial resolution in the ortho mosaic image, all olive trees were precisely identified by visual analysis at this stage of the study. In addition, DSM and DTM data (Figure b and c) were produced from the UAV, and CHM data was produced by subtracting these data from each other (Figure d). Dendrometric properties of olive trees such as crown border, crown width and tree height were calculated precisely with the produced CHM.

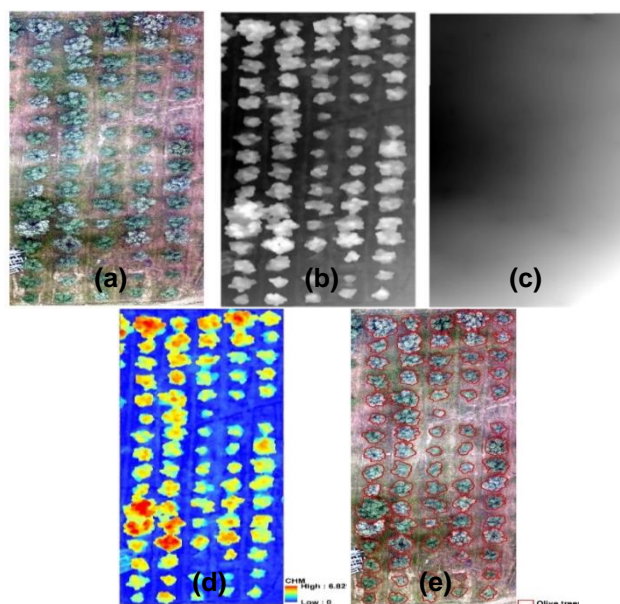


Figure 6. Orthomosaic image produced from UAV images (a); DSM (b); DTM (c); CHM (d); (e) Reference tree crown borders

3.1. Determination of tree numbers

Trees determined by the local maxima algorithm are shown in Figure 7 with red dots, and locally detected trees are shown with green dots. Three possible outcomes were evaluated within the scope of accuracy analysis performed between extracted trees and reference trees (Mohan et al., 2017; Dong et al., 2020). Based on these possible results, 75 trees were detected correctly (true positive-TP). According to the findings obtained at this stage, 3 trees were removed as false positive (FP).

Producer and user accuracy for the detection of olive trees was found to be over 96%, the F score was 98.04%, and the overall accuracy was 96.15% (Table 3).

Table 3. Accuracy evaluation results for tree numbers

Evaluation	Indicator
True Positive-TP	75
False Positive-FP	3
Producer Accuracy-PA (%)	100.00
User Accuracy-UA (%)	96.15
F Score (%)	98.04
Overall Accuracy (%)	96.15

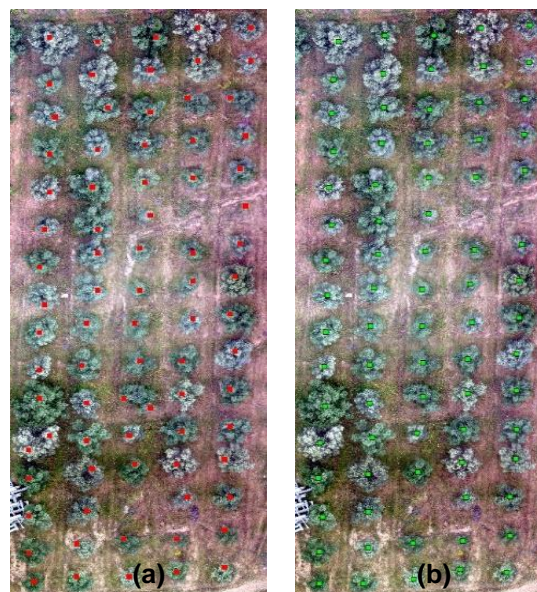


Figure 7. Extracted (a); and reference trees (b)

Findings from the study are similar to Dong et al 2020. It is thought that the reason for the mixing in three of the olive trees in the study area is due to the irregular crown structure of two of these trees. It was determined that the other FP tree was detected as a tree by the LM algorithm, although it was a different plant and was not an olive tree.

3.2. Determination of tree crown borders

In Figure 8, the results obtained according to the multiresolution segmentation algorithm are given. The tree segments formed according to the result of the object-based analysis and the tree crown borders extracted using these segments are seen. In addition, the reference tree crown borders produced by manual digitization over the very high resolution orthomosaic image are given in the figure below.

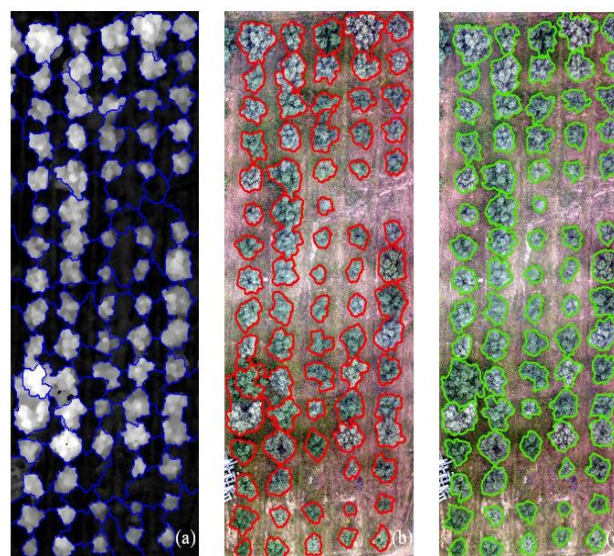


Figure 8. The result of the segmentation process (a); Extracted tree crowns (b); Reference tree crowns (c)

According to the six matching categories used to determine the tree crown borders, 63 trees crown borders were matched, while 6 trees crown borders were near matched. According to these findings, the producer accuracy is 85.14% and the user's accuracy is 81.82% (Table 4).

Table 4. Accuracy assessment results for tree crown borders

Evaluation	Indicator	Evaluation	Indicator
E _{ma}	63	R _{ma}	63
E _{nm}	6	R _{nm}	6
E _{me}	3	R _{me}	6
E _{sp}	0	R _{sp}	0
E _{mi}	2	R _{mi}	2
E _{wr}	0		

In the study, it was determined that there were some trees in the determination of the crown boundaries, as well as in the determination of the number of trees. It is thought that this is due to the irregularity in the crown structure of olive trees. During the MRS segmentation process, the result is that the structural condition of the trees reduces the quality of the process.

The data regarding the problems encountered in determining the number of trees and crown boundaries in the study are given in Figure 9. In Figure 9a, the determination of the number of trees and in Figure 9b the errors in determining the tree crown boundaries are given, and in Figure 9c, the irregularities in the structure of the trees that cause these errors are shown as an example.

3.3. Calculation of tree crown areas

The tree crown areas in the study area determined by manual digitization were calculated semi-automatically in the GIS environment. According to these tree crown areas, the maximum value in the area is 29.910 m², minimum value is 3.330 m² and the average value is 11.850 m² (Table 5).

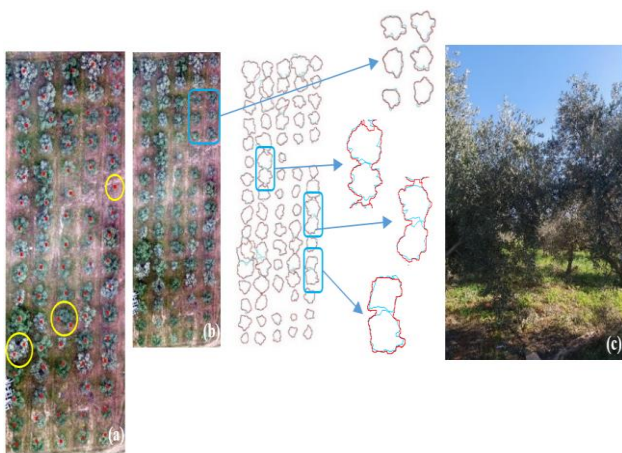


Figure 9. Errors encountered in tree detection

Correlation analysis was performed in terms of tree crown areas among 63 trees mapped according to 6 matching categories from manually determined tree crowns and extracted tree crowns. As a result of the calculations, Pearson's correlation coefficient (r) was 0.980 and Pearson's correlation coefficient statistics (r_{ist}) was 38.87. Since Pearson's correlation coefficient statistic was higher than the threshold value ($t_{\alpha} = 2.000$), it was determined that Pearson's correlation coefficients were significant at the 95% confidence level (double-tailed) and there was a statistically positive relationship between the two variables.

According to the findings, it has been shown that the crown areas of olive trees can be calculated very accurately and reliably by using UAV. As in this study, Dong et al., 2020, Mohan et al., 2017 and Diaz-Varela et al., As the researchers stated in 2015, reliable results were obtained.

3.4. Calculation of tree heights

Reference tree heights were obtained by ground measurements using the TOPCON device. According to the findings, the maximum tree height was determined as 6,180 m, the minimum tree height was 1,880 m, and the mean tree height was 3,929 m for the reference values. The calculated CHM values were determined as the maximum tree height of 6.820 m, the minimum tree height of 2.550 m and the mean tree height of 4.362 m. (Table 6).

Table 5. Supplementary statistics values for tree crown areas

Max*	Min*	Mean*	Median*	SD*	CV*
(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(%)
29.910	3.330	11.850	11.430	5.181	43.583

*Max, maximum tree crown area; Min, minimum tree crown area; Mean, mean tree crown area; Median, median tree crown area; SD, standard deviation; CV, coefficient variation.

Pearson's correlation coefficient (r) and Pearson's correlation coefficient statistic (r_{ist}) between these extracted tree heights and the height data obtained by terrestrial measurements were calculated using Equation 2 and Equation 3. In terms of tree heights, Pearson's correlation coefficient (r) was calculated as 0.918 and Pearson's correlation coefficient statistic (r_{ist}) was calculated as 20.10. In this case, it is seen that Pearson's correlation coefficient statistic is higher than the t_{α} threshold ($20.10 > 1.990$). According to this result, it was determined that there was a statistically significant positive relationship between the two variables in terms of double-tailed tree heights at the 95% confidence level.

In the study, statistically significant results were obtained between the precise local measurement studies in determining the height of the olive tree and the heights

Table 6. Calculation of tree heights

Supplementary statistics values for tree heights (Reference)						Supplementary statistics values for tree heights (Calculated with CHM)					
Max* (m)	Min* (m)	Mean* (m)	Median* (m)	SD* (m)	CV* (%)	Max* (m)	Min* (m)	Mean* (m)	Median* (m)	SD* (m)	CV* (%)
6.180	1.880	3.929	3.850	0.770	19.605	6.820	2.550	4.362	4.290	0.801	18.356

*Max, maximum tree height; Min, minimum tree height; Mean, mean tree height; Median, median tree height; SD, standard deviation; CV, coefficient variation.

calculated semi-automatically from CHM. According to these findings, it has been revealed that UAVs can give reliable results in estimating the height of the trees.

4. Conclusion

As a result of the research, 96.15% accuracy was obtained in the detection of individual olive trees distributed in the olive plot, while an object or pixel group was incorrectly detected as a tree, and two trees could not be determined at all (Figure 9a). A high value was obtained in the determination of olive trees, close to the values found by Castro et al. (2019), Marques et al. (2019) and Dong et al. (2020).

In determining the single tree crown borders, 81.82% user accuracy and 85.14% producer accuracy were determined. In addition, statistically high correlations were found in the determination of tree crown areas ($r = 0.980$) and heights ($r = 0.918$) of individual trees. On the other hand, in determining the tree crown borders, it was determined that some trees matched quite well, but the six trees in the reference data were merged into a single tree (Figure 9b). The reason for this was considered to be due to the fact that the tree crowns in the area were intertwined as in the image (Figure 9c).

According to the findings obtained from the study, it has been revealed that applications such as individual tree detection, determination of the crown borders of the trees, reliable calculation of crown areas and heights, which will be made in the perennial agricultural production environment with UAV, give extremely successful results. The values obtained in the determination of tree parameters (crown areas and heights) are close to the values obtained by Mu et al. (2018) and Dong et al. (2020) and were found to be higher than the values obtained by Díaz-Varela et al. (2015) and Castro et al. (2019).

As a result of this study, in future studies to be carried out with unmanned aerial vehicles in perennial production environments, it is recommended to include LIDAR data that can be mounted on UAVs in the analysis in order to take into account the different developmental stages of the plant and also to demonstrate the working sensitivity more clearly. It is thought that the precise determination of plant biomass, which is especially related to plant yield,

will provide important advantages in yield estimation studies.

Author Contributions

Mesut Çoşlu: Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal Analysis, Investigation, Material Supply, Original Draft Writing, Review and Editing, Visualization.

Namık Kemal Sönmez: Methodology, Validation, Original Draft Writing, Review and Editing, Supervision, Observation, Advice.

Conflict of Interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

Ethics Committee Approval

As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

Kaynaklar

- Carolan, M. (2017). Publicising food: big data, precision agriculture, and co-experimental techniques of addition: publicising food. *Sociologia Ruralis*, 57, 135-154. <https://doi.org/10.1111/soru.12120>
- Castro, A. I., Rallo, P., Suárez, M. P., Torres-Sánchez, J., Casanova, L., Jiménez-Brenes, F. M., Morales-Sillero, A., Jiménez, M. R., & López-Granados, F. (2019). High-throughput system for the early quantification of major architectural traits in olive breeding trials using UAV images and OBIA techniques. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1472. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01472>
- Çubukçu, K. M. (2015). *Planlamada ve coğrafyada temel istatistik ve mekânsal istatistik kitabı*. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No:1097, Ankara.
- Das, U. (2018). Precision farming a promising technology in horticulture: a review. *International Journal of Pure Applied Bioscience*, 6, 1596-1606. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.3088>
- Demir, N., Sönmez, N. K., Akar, T., & Ünal, S. (2018). Automated measurement of plant height of wheat genotypes using a DSM derived from UAV imagery. *MDPI Proceedings*, 2, 350-350. <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05163>

- Díaz-Varela, R. A., de la Rosa, R., León, L., & Zarco-Tejada, P. J. (2015). High-resolution airborne UAV imagery to assess olive tree crown parameters using 3D photo reconstruction: Application in breeding trials. *Remote Sensing*, 7, 4213-4232. <https://doi.org/10.3390/rs70404213>
- DJI (2021). Phantom 3 advanced specs. Access address <https://www.dji.com/phantom-3-adv/info>
- Dong, X., Zhang, Z., Yu, R., Tian, Q., & Zhu, X. (2020). Extraction of information about individual trees from high-spatial-resolution UAV-acquired images of an orchard. *Remote Sensing*, 12, 133. <https://doi.org/10.3390/rs12010133>
- Drăguţ, L., Csillik, O., Eisank, C., & Tiede, D. (2014). Automated parameterisation for multi-scale image segmentation on multiple layers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 88, 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.11.018>
- Fang, F., Im, J., Lee, J., & Kim, K. (2016). An improved tree crown delineation method based on live crown ratios from airborne LIDAR data, *GIScience & Remote Sensing*, 53, 402-419. <https://doi.org/10.1080/15481603.2016.1158774>
- Jing, L., Hu, B., Li, J., & Noland, T. (2012). Automated delineation of individual tree crowns from LIDAR data by multi-scale analysis and segmentation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 78(12), 1275-1284. <https://doi.org/10.14358/PERS.78.11.1275>
- Marques, P., Pádua, L., Adão, T., Hruška, J., Peres, E., Sousa, A., & Sousa, J. J. (2019). UAV-based automatic detection and monitoring of chestnut trees. *Remote Sensing*, 11, 855. <https://doi.org/10.3390/rs11070855>
- Matese, A., Capraro, F., Primicerio, J., Gualato, G., Di Gennaro, S. F., & Agati, G. (2013). Mapping of vine vigor by UAV and anthocyanin content by a non-destructive fluorescence technique. In Proceedings of the 9th European Conference on Precision Agriculture (ECPA), Lleida, Spain, 7–11 July.
- Mu, Y., Fujii, Y., Takata, D., Zheng, B., Noshita, K., Honda, K., Ninomiya, S., & Guo, W. (2018). Characterization of peach tree crown by using high-resolution images from an unmanned aerial vehicle. *Horticulture Research*, 5, 74. <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0097-z>
- Mohan, M., Silva, C. A., Klauber, C., Jat, P., Catts, G., Cardil, A., Hudak, A. T., & Dia, M. (2017). Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest. *Forests*, 8, 340. <https://doi.org/10.3390/f8090340>
- Ozdarici-Ok A. (2015). Automatic detection and delineation of citrus trees from VHR satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 36, 4275–4296. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1079663>
- Ok, A. O. & Ozdarici-Ok, A. (2017). Detection of citrus trees from UAV DSMs. In *Proceedings of the ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Hannover, Germany, 4, 27-34. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-1-W1-27-2017>
- Ok, A. O. & Ozdarici-Ok, A. (2018). 2-D delineation of individual citrus trees from UAV-based dense photogrammetric surface models. *International Journal of Digital Earth*, 11, 583-608. <https://doi.org/10.1080/17538947.2017.1337820>
- Ok, A. O., & Ozdarici-Ok, A. (2018). Dijital yüzey modelinden turunçgil meyve ağaçlarının tespiti, çıkarımı ve kümelmesi: bütünleşik bir sistem, VII. UZAL-CBS Sempozyumu (Birinci En İyi Sözlü Sunum Ödülü). VII. UZAL-CBS Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.
- Ramli, M. F., & Tahar, K. N. (2020). Homogeneous tree height derivation from tree crown delineation using seeded region growing (SRG) segmentation. *Geo-Spatial Information Science*, 23(3), 195-208. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1805366>
- Sönmez, N. K., Çoşlu, M., & Demir, N. (2021). Farklı insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen veriler ile buğday bitkisinin boyunun belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2), 195-203. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.823440>
- Sunar, F., Özkan, C., & Osmanoğlu, B. (2013). *Uzaktan algılama* (2. Baskı). T.C. Anadolu Üniversitesi, Yayın No: 2320, Açıköğretim Fakültesi Yayın No:1317, Eskişehir.
- Trimble, (2014). *eCognition developer 9.0 reference book*. Trimble Germany GmbH, Arnulfstrasse 126, D-80636 Munich, Germany.
- TÜİK (2021). Zeytin üretimi, 1988-2020. Access address <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=zeytin>
- Yin, D., & Wang, L. (2016). How to assess the accuracy of the individual tree-based forest inventory derived from remotely sensed data: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 37, 4521-4553. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1214302>
- Zohary, D., & Spiegel-Roy, P. (1975). Beginnings of fruit growing in the old world. *Science*, 187, 319-327. <https://doi.org/10.1126/science.187.4174.319>

Insecticidal Activity of Medicinal Plant, *Schinus molle* (Anacardiaceae) on *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae)

Sekrane FATİMA ZOHRA YOUSRA¹, Righi Assia FATİHA¹, Righi KADA¹, Yahia BOUKHARI¹, İsmail KARACA*²

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 104-109, 2022

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 104-109, 2022

Abstract: The insecticidal and repellent properties of essential oil and powder forms of *Schinus molle* were evaluated on *Tribolium confusum* in laboratory conditions. As a result of the studies, it was revealed that the average lifespan of *T. confusum* was 30±2 days. Egg incubation period was 10 days while the fecundity was 78 eggs/female. Sex ratio was observed as 1.06 female/male. In vitro insecticidal tests showed that the essential oil of *S. molle* was more effective with a mortality rate of 100% in 24 hours. The adults (males and females) of *T. confusum* survived for less than 24 hours in powder of *S. molle*. The repellence test of the essential oil provided variable levels of protection ranging from 78% to 100%.

Keywords: Essential oil, life cycle, mortality, powder, repellence, stored food

Tıbbi Aromatik Bitki, *Schinus molle* (Anacardiaceae)'nin *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Üzerindeki Böcek Öldürücü Etkisi

Öz: *Schinus molle*'nin uçucu yağ ve toz formlarının böcek öldürücü ve kaçırcı özellikleri *Tribolium confusum* üzerinde laboratuvar koşullarında denenmiştir. Çalışmalar sonucunda, *T. confusum*'un yaşam süresinin 30±2 gün sürdüğü saptanmıştır. Doğurganlık oranı dişi başına 78 yumurta olurken, yumurta açılma süresi 10 gün olarak belirlenmiştir. Eşey oranı 1.06 dişi/erkek olmuştur. Laboratuvar çalışmalarında *S. mole* uçucu yağının zararlı üzerindeki ölüm oranı 24 saat içinde %100'e ulaşmıştır. *S. mole*'nin toz olarak uygulandığı denemelerde *T. confusum*'un ergin erkek ve dişileri 24 saatten daha kısa süre yaşayabilmiştir. Uçucu yağın uzaklaştırıcı etkisi %78 ile %100 arasında değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uçucu yağ, biyoloji, ölüm oranı, toz, uzaklaştırıcı etki, depolanmış ürünler

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
ismailkaraca@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 04/08/2022
Kabul (Accepted): 25/08/2022

¹University of Mascara, Department of Agronomy, Research on Biological Systems and Geomatics Laboratory (LRSBG), Algeria.

²Isparta University of Applied Sciences, Agricultural Faculty, Plant Protection Department, Isparta, Türkiye

1. Introduction

Food security consist of an exact situation when all people at all time fairly access sufficient, safe and nutritious food that meets their dietary needs and preferences (FAO, 2006). In other words, food security is an expanded objective that refers to developing agriculture sector, as a food source, in such a way that people are satisfied in terms of quantity and quality food. So far, it became a global challenge to meet but it is much more special to African continent and there isn't a definite exception of Algeria. Its concerns are on both qualitative and quantitative importance of products in demand. A serious

bottleneck arises at the level of food storage where storage pests damage give rise to significant quantitative and qualitative losses. Indeed, many pests (rodents, insects, viruses, bacteria, fungi) are the cause of losses.

In order to effectively control storage pests, it is essential to inhibit their development through well-defining bioecological conditions. The confused flour worm, *T. confusum*, is one of the most important storage pests on grains and is a worldwide threat. *T. confusum* is morphologically and biologically similar to the other species named *Tribolium castaneum* (Delobel and Tran, 1993). In addition, their behaviours are so close to the

level that it is so probable that any common scientific work may report similar results (Mason, 2018; Goodnight and Craig, 1996). Confused flour beetle, *T. confusum* was named so due to the confusion on its specific identity; whereas for red flour beetle, *T. castaneum* is because of its red rust colour. However, they are distinguished with their antennae and thorax shapes (Mason, 2018).

Wherever *T. confusum* infests, its damage is not negligible. The use of chemical insecticides is currently the most practiced technique to fight against insect pests. The use of chemical products of plant origin appears as the best alternative to chemical pest control method as a safer control against these pests (Abbassi et al., 2005).

The object of our study is to seek the insecticidal potential of *S. molle* harvested in the region of Mascara in Algeria.

2. Materials and Methods

2.1. Insects rearing

2.1.1. *Tribolium confusum*

In order to obtain a homogeneous and sufficient population of insects, their mass rearing was carried out by collecting adults of *T. confusum* insects from a stock of soft wheat of a farmer in the Mascara region of Algeria. Its genetic identification at species level was confirmed in Molecular Entomology Laboratory (Ankara University, Agricultural Faculty, Plant Protection Department, Turkey). The rearing was carried out within glass jars (12 cm in length and 6 cm in diameter) each jar containing 250 g of flour and 5% of baker's yeast. The productions were carried out in the climate chambers of 25 °C temperature and 60% humidity.

2.1.2. Life cycle follow up

In order to observe the developmental stages of the confused flour worm, *T. confusum*, 1 g of flour was mixed with yeast as a food in Petri dishes of 9 cm diameter. A number of 60 pairs of insects were placed in each Petri dish and experiments were conducted in 10 replications. This development cycle took place in a climatic chamber set at the optimal conditions of 28 °C and 70% of Relative Humidity. Insects were controlled daily and observations were continued until the last adult died.

2.2. Harvesting and preparation of plant material

An aromatic plant *S. molle* belonging to the family Anacardiaceae, harvested in March 2020 in the region of Mascara was selected for this study. The plant was dried ten days. A part of collected plant materials was used for the extraction of essential oil, which was carried out on Clevenger (1928) device and yielded a finished essential

oil. The other part was ground into powder using an electric grinder.

2.3. Harvesting and preparation of plant material

For powder application; 10 adult *T. confusum* individuals were introduced in petri dishes each containing 0.4 g of flour mixed with *S. molle* plant's powder.

For essential oil test; a batch of 10 *T. confusum* adult individuals was introduced into each petri dish. Four different doses, (5, 10, 15 and 20 µL/mL) along water as control treatment, were prepared to evaluate effectiveness against *T. confusum*. Each treatment was replicated four times in all bioassays. Mortality of *T. confusum* was considered only after they displayed immobility. Since the application day, data were recorded daily by counting dead adults under a stereo microscope. Mortalities were expressed according to Abbott's (1925) formula.

2.4. Repellency effect of essential oil

The insecticide test procedure used in this study was adopted from the method by McDonald et al. (1970). Petri dishes (9 cm diameter) lined with a filter paper divided into two parts were used. Four doses of *S. molle* solution (5, 10, 15 and 20 µL/mL) were applied on filter paper and then placed on one side and the opposite side stayed untreated.

After two hours, the number of insects that were present on one side with the filter paper treated with essential oil (Nt) and the number of insects present on the part not treated (Nc) were recorded. The percentage repellence (PR) of the essential oil was calculated using the following formula:

$$PR \% = Nc - Nt \times 100$$

The average percentage repellence for essential oil was calculated and assigned according to the classification of McDonald et al. (1970), with which different repellent classes range from 0 to V:

Class 0 (PR < 0.1%)	Class III (PR = 40.1 - 60%)
Class I (PR = 0.1 - 20%)	Class IV (PR = 60.1 - 80%)
Class II (PR = 20.1 - 40%)	Class V (PR = 80.1 - 100%)

3. Results

3.1. Life cycle of *Tribolium confusum*

Experimental observation showed that females of *T. confusum* laid their eggs directly on the flour substrates and sometimes on the walls of the Petri dishes 3 days after mating. Eggs incubation time was 10 days. As observed

from the study, larval development of insect took place on substrate material. The larvae L1 that emerged from the egg were very mobile and could penetrate perfectly into both seeds and substrate. The 1st larval stage lasted 2 days after which the larvae reached the molting stage. The development of L2 takes 2 to 3 days in order to become the 3rd stage larva. Larvae stages: L4, L5, L6; L7; L8 are larger in size. The larval development generally last 18 days. However, it is so difficult to discretize larvae into stages as they differ in size without any differentiation in terms of external morphology.

This study resulted into an estimated fecundity of 78 eggs/female, a fertility of 69%, a sex ratio of 1.06 and 6 months of life span. The developmental cycle of *T. confusum* on flour powder lasted 30±1 days under laboratory conditions as 28 °C of temperature and 75% of Relative Humidity. The number of molted larvae varied from 4 to 8 larval stages according to Relative Humidity.

3.2. Contact effect of powder and essential oil of *Schinus molle* on *Tribolium confusum*

The adults (males and females) of *T. confusum* survived for less than 24 hours in the batches treated with *S. mole's* powder and the mortality rate reached 100%. According to the results obtained, while the mortality rate for powder treatment reached 100% in early 24 hours, no death recorded in control treatments even during early 96 hours.

Figure 1 was indicated that the mortality rate of *T. confusum* adults evolved proportional to the rise in doses used (5, 10, 15 and 20 µL/mL) and to the duration of their exposure. Moreover, the mortality rate after 24 hours at 15 µL and 20 µL doses reached 100%. However, for essential oil treatments no mortality recorded in the control treatments during the whole exposure time. The lowest oil dose (5 µL/mL) showed a biocidal effect in early 24 hours of exposure on both females and males of *T. confusum*. The analysis of variance resulted into a significant effect with F Cal= 6.95 and F Theo= 2.94.

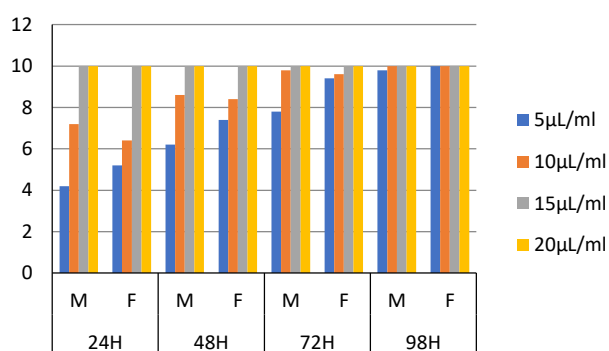


Figure 1. Bio-insecticidal contact effect of *S. molle* against *T. confusum* adults

3.3. Repellency effect of essential oil of *Schinus molle*

According to the results presented in Table 1, after two hours of exposure, the oil of *S. molle* into four doses (5, 10, 15 and 20 µL/mL) appeared significantly repellent to *T. confusum* adults at 78%, 86%, 95% and 100% respectively. It was determined that the repellent ratio increased as the dose of the applied oil increased.

Table 1. The repellent ratios of *Schinus molle* dosages

EO	5µL	10µL	15µL	20µL	PR %
<i>S. molle</i>	78%	86%	95%	100%	89.75%

4. Discussion

This study carried out on *T. confusum* especially on its biological parameters resulted into an average biological cycle period of 30±1 days under laboratory conditions (28 °C and 70% RH), by which larval and pupal stages are predominant in terms of lifespan. According to Mils (2012), adult stage of *T. confusum* was reached after 28 days of oviposition under optimal conditions of temperature (31 °C) and humidity.

This work's results come so related to those obtained by Gueye et al. (2001), who recorded a life cycle length of 30.42±2.02 days in *T. castaneum* when raised on broken millet under the temperature of 24.5-31 °C and Relative Humidity of 41-80%. According to Dawson (1964), the life cycle lasted 33 days at 28.5 °C of temperature and Relative Humidity varying between 65 and 75%. *T. castaneum* is easy to raise within a relatively short development cycle of 30 days. On the other hand, it possesses an exceptionally long life-span, varying from six months to four years and high fecundity (Bonneton, 2010). Young (1970) reported a life cycle of *T. castaneum*, divided into 4.7 days for eggs, 20 days for larvae and 6.7 days for pupae. The adult that emerged from the pupa lives for an average of 6 months but can survive up to a year and a half. Holdaway (1932) reported that the hatching rate increases with increasing temperature. The ideal temperature for hatching is 28.5 °C.

Eggs hatch after 5 to 12 days depending on temperature and Relative Humidity of *T. castaneum* (How, 1956). The temperature, Relative Humidity, type of availed food substrates are always the main factors affecting duration of the developmental cycle of *T. confusum*. For instance, the study of Diome (2012), one part of which highlights the effect of food on the bio ecology of this insect, has shown that among grains, those of millet are more favourable to the development of *T. castaneum*. Thus, the nature of the food provides a clear effect on the development of the subject insect. Gueye et al. (2015) noted that the larvae are so active and prompt feeding. They are white in hue with yellow and moult 5 to 11 times.

Larvae go through 5 to 11 moults before reaching 5 mm long at their growth ending in time between 3 and 9 weeks. According to Diome (2012), rearing this insect on flour powder permitted a clear observation of the pupal development as it took place on the substrates. The adult emerged from pupa six days after pupation and its thermal optimum is between 32 and 33 °C. Camara, (2009) reported that its development has to cease below 22 °C and it resists very well to low levels of hygrometry.

Our results corroborate those of Gueye et al. (2015) concerning the fertility of *T. castaneum*, they noted a fertility of 84.31% on millet flour and a sex ratio 1.9±0.1 on the same substrate. According to Robinson (2005), egg viability ratio is 90%. At a temperature of 30 °C, eggs hatch after 5 days. However, incubation period requires at least 10 days under adverse conditions. The same author showed that under favourable conditions, there are 5 to 11 larval stages. Under 30 °C of temperature, adult emerges from the pupa six days after its formation, completing the cycle in 26 to 30 days.

In contact toxicity bioassays, Hassanali (2001) applied essential oils from the leaves of *S. molle* against *R. dominica* adults and recorded the highest effect, with LD₅₀ values of 0.88 mg cm².

Descamps et al. (2008) recorded that the essential oil of false pepper was showing negative effect on adults and larvae of *Sitobion avenae* (Homoptera:Aphididae) after use of essential oil of false pepper on the adults of *Sitobion avenae* (Homoptera:Aphididae). In addition, Descamps et al. (2008) recorded a cl 50:30.71 mg ml⁻¹ after 24h of treatment.

Lilian et al. (2011) demonstrated that the essential oils and extracts from *Schinu sareira* belonging to Anacardiaceae family displays an insecticidal activity. They found a contact and repellent toxicity to the larvae and adults of *T. castaneum*. In addition, Stefanazzi et al. (2006) found that an essential oil of *Tagetes ternifolia* (Asteraceae) produced a post ingestion toxicity on stored grain pest (*Tribolium castaneum*).

Righi et al. (2018) recorded a mortality rate of 100% after the third day of treatment with 25 µL/mL dose of *S. molle* oil. Recently, a number of studies of insecticidal and repellent properties of extracts from *S. molle* in different insects have been published (Asma et al., 2018; Righi et al., 2018; Abdel-Sattar et al., 2009; Benzi et al., 2009; Bayramoglu et al., 2008; Ferrero et al., 2007; Padin et al., 2007; Chopra et al., 2006; Gonzales., 2006; Ruffinengo et al., 2005).

The results obtained by Deveci et al. (2010) indicated that essential oil and hexanic extracts from *S. molle* showed a significantly potential effect in terms of repellency. Chopra

et al. (2006) reported high repellence of an essential oils from ripe fruits of *S. mole* against German cockroach.

According to Abdel-Sattar et al. (2010), fruits and leaves of false pepper tree showed repellent and insecticidal effects against insects belonging to other taxonomical orders like *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae). The recorded mortality rate was 53.3% after 2 days and 93.3% after 6 days respectively at the concentration of 1000 µL 10 mL⁻¹ and with LC₅₀'s of 325.6 and 286.1 µL 10mL⁻¹ respectively.

The insecticide efficacy of the extracts from leaves of *S. molle* has been observed also in their repellent and anti-feeding activities on the house fly, *Musca domestica* L. (Wimalaratne et al., 1996). Steinbauer and Martin (1995) in their investigations demonstrated that *S.molle* leaf powder had a repellent effect on *T. confusum*.

5. Conclusion

It is so noticeable that *T. confusum* is a threat to Algerian general economy and agriculture. This work is admitting the importance of knowledge on development and the behaviour of *T. confusum* toward its management. This study shows that the plant, *S. molle* is proven effective in both protection of storage products against the attacks of threatening insects by repellency and control in case of infestation through their lethality effect. There must be a hope for at least a reduction of the use of synthetic pesticides particularly for the storeroom grains. This must be so beneficial to health for there must be no contact of such pesticides with directly consumable produces.

Author Contributions

Sekrane FATİMA ZOHRA YOUSRA; Righi Assia FATİHA; Righi KADA; Yahia BOUKHARI: Conceptualization, Validation, Resource/Material/Instrument Supply, Supervision/ Observation/Advice, Methodology, Investigation.
İsmail Karaca: Review and Editing; Validation, Visualization

Conflict of Interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

Ethics Committee Approval

As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

References

Abbassi, K., Mergaoui, L., Atay-Kadiri, Z., Ghaout, S., & Stambouli, A. (2005). Activités biologiques des feuilles de

Peganumharmala (Zygophyllaceae) en floraisonsur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. *Zoologyca Baetica*, 16, 31-46.

- Abbot W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomology*, 18, 265–267.
- Abdel-Sattar, E., Zaitoun, A., Farag, M., El-Gayed, S., & Harraz, F. (2009). Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinusmolle* L. Leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. *Journal of Natural Medicines*, 25, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11418-008-0305-5>
- Asma, A., Shojaaddini, M., Tajabadipour, A., & Fatemeh, S. (2018). Composition of *Pistacia khinjuk* (Anacardiaceae) leaf essential oil and its insecticidal activity on common Pistachio psyllid, *Agonoscaena pistaciae* (Hem. Psylloidea). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(3), 796-802. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1498397>
- Bayramoğlu, E. E., Gülümser, G., & Karaboz, I. (2008). The investigation of antibacterial activities of some essential oils in wet blue leather. *International Journal of Natural and Engineering Science*, 2(1), 33-36.
- Bekele, J., & Hassanali, A. (2001). Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum kilimandscharicum* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post- harvest insect pests. *Phytochemistry*, 57, 385-391.
- Benzi, V., Stefanazzi, N., & Ferrero, A. A. (2009). Biological activity of essential oils from leaves and fruits of pepper tree (*Schinus mole* L.) to control rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.), *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(2), 154-159.
- Camara, A. (2009). Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coléoptères curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coléoptère Ténébrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'élevage traditionnellepratiquée en Basse Guinée et utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse d'obtention du titre de Docteur en Science de l'environnement, Université du Québec à Montréal. 173p.
- Chopa, C. S., Alzogaray, R. A., & Ferrero, A. A. (2006). Repellency Assays with *Schinus mole* var. *areira* (L.) (Anacardiaceae) essential oils against *Blattella germanica* L. (Blattodea: Blattellidae). *BioAssay*, 1(6), 1-3.
- Clevenger, J. F. (1928). Apparatus for the determination of volatile oil, *Journal of the American Pharmacists Association*, 17, 341-346.
- Dawson, P. S. (1964). Age at sexual maturity in female flour beetles *Tribolium castaneum* and *T. confusum*. *Annals of the Entomological Society of America*, 57, 1-3.
- Delobel, A., & Tran, M. (1993). Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. OSTROM/CTA, Faune tropicale XXXII. 439p.
- Descamps, L. R., Stefanazzi, N., Sánchez, C., & Ferrero, A. A. (2008). Actividad biológica de extractos vegetales de *Schinus molle* var. *areira* (Anacardiaceae) en *Tribolium castaneum* Herbst. (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae), plaga de granoalmacenado. *Boletín Sanidad Vegetal*, 34, 595-605.
- Deveci, O., Sukan, A., Tüzün, N., & Kocabaş, E. E. H. (2010). Chemical composition, repellent and antimicrobial activity of *Schinus molle* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(21), 2211-2216. <https://doi.org/10.5897/JMPR10.326>
- Diome, T., Thiaw, C., Ndong, A., Sarr, M., Kane, M., & Sembène, M. (2012). Haplotype diversity of *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) pest of stored millet in Senegal. *Journal of Cell and Animal Biology*, 6(13), 192-199. <https://doi.org/10.5897/JCAB12.037>
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2006). Food Security, Policy brief (2). Access address: www.fao.org
- Ferrero, A. A., Chopa, C. S., Gonzalez, J. O. W., & Alzogaray, R. A. (2007). Repellence and toxicity of *Schinus mole* extracts on *Blattella germanica*. *Fitoterapia*, 78(4), 311-314. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.11.021>
- Goodnight, C. J., & Craig, D. M. (1996). The effect of coexistence on competitive outcome in *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *Evolution*, 50(3), 1241-1250. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.tb02364.x>
- Guèye, M. T., Seck, D., Wathelet, J. P. & Lognay, G. (2001). Lutte contre le Ravageurs des stocks de céréales et de légumineux au Sénégal et en Afrique occidentales: synthèse 7 bibliographique. *Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement*, 15(1), 183-194.
- Holdaway, F. G., (1932). An experimental study of the growth of populations of the "flour beetle" *tribolium confusum* duval, as affected by atmospheric moisture. *Ecological Monographs*, 2(3), 261-304.
- Howe, R. W. (1956). The effect of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Annals of Applied Biology*, 44(2), 356–368. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1956.tb02128.x>
- Descamps, L. R., Chopa, C. S., & Ferrero, A. A. (2011). Activity of *Schinus areira* (Anacardiaceae) Essential Oils against the Grain Storage Pest *Tribolium castaneum*. *Naturel Product Communications*, 6(6), 887-891. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100600632>
- Mason, L. J. (2018). Red and Confused flour beetles *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium confusum* Duval. *Extension Entomology*, Stored product pests. E-224-W. Access address: www.extension.purdue.edu.
- McDonald, L. L., Guy, R. H., & Speirs, R. D. (1970). *Preliminary evaluation of new candidate mate rials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Res. Rep n° 882*. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Washington.
- Padin, E. V., Pose, G. N., Pollio, & M. L. (2007). Antibacterial activity of Oleoresin from Aguaribay (*Schinus molle*L.). *Journal Food Technology*, 5(1), 5-8.
- Righi, K., Righi, R., Boubkeur, A., & Boungab, K. (2018). Toxicity and repellency of three Algerian medicinal plants against

pests of stored product: *Ryzoperthadominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). *Banat's Journal of Biotechnology*, 9(17), 50-59. [https://doi.org/10.7904/2068-4738-IX\(17\)-50](https://doi.org/10.7904/2068-4738-IX(17)-50).

Ruffinengo, S., Eguaras, M., Floris, I., Faverin, C., Bailac, P., & Ponzi, M. (2005). LD₅₀ and repellent effects of essential oils from Argentinean wild plant species on *Varroa destructor*. *Journal of Economic Entomology*, 98, 651-655.

Steinbauer, M. J. (1995). The insecticidal and repellent activity of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) against *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera:Drosophilidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera:Tenebrionidae). *General and Applied Entomology*, 26, 13-18.

Stefanazzi, N., Gutiérrez, M. M., Stadler, T., Bonini, N. A. & Ferrero, A. A. (2006). Actividad biológica del aceite esencial de *Tagetes terniflora* Kunth (Asteraceae) en *Tribolium castaneum* Herbst (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae). *Boletin de Sanidad Vegetal – Plagas Acronimo*, 32, 439-447.

Wimalaratne, P. D. C., Slessor, K. N., Borden, J. H., Chong, L. J., & Abate, T. (1996). Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. *Journal of Chemical Ecology*, 22, 49–59. <https://doi.org/10.1007/BF02040199>

Young, A. M. (1970). Predation and abundance in populations of flour beetles. *Ecology*, 51, 602-619. <https://doi.org/10.2307/1934040>

Inhibitory Effect of Some Plant Essential Oils against Corn Stalk Rot and Ear Rot

Yagmur CEYLAN¹, Zehra SAGLAN¹, Gurbet CELİK TURGUT², Oktay ERDOĞAN*²

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 110-118, 2022

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 110-118, 2022

Abstract: Yield losses are experienced in corn fields due to stalk and ear rot disease. The fungicides used against the disease can not show the desired effect and the problem of resistance arises over time. For this reason, it is necessary to develop new strategies in the control against the disease. In this study, it was aim to determine the inhibitory effects of essential oils of rosemary, black cumin, cumin and sandalwood, and ginger against *Fusarium verticillioides* and *Fusarium pseudograminearum* under *in vitro* conditions. The essential oils were applied in doses of 0.25, 0.5, 1, 2 and 4 $\mu\text{l mL}^{-1}$. PDA medium free of essential oils was used as negative control and PDA medium containing commercial fungicide (80 g l⁻¹ Triconazole, 40 g l⁻¹ Pyraclostrobin-BASF company) was used as positive control. The experiment was carried out in a randomized plot design with three replications. In addition, chemical content analysis of essential oils was determined by GC-MS method. As a result of the study, as the dose of rosemary, black cumin, sandalwood and ginger essential oils increased, their inhibitory effects against both pathogens increased, and these effects were found close to each other. While the highest inhibitory effect against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* was detected in the positive control treatment of cumin essential oil, 82.1% and 78.9%, respectively, this effect was found to be 74.6% and 68.3% in 4 $\mu\text{l mL}^{-1}$ dose, respectively. However, more detailed studies should be carried out with these essential oils under field conditions.

Keywords: Corn, fungal colony, *Fusarium pseudograminearum*, *Fusarium verticillioides*, plant essential oils

Bazı Bitkisel Uçucu Yağların Mısır Sap ve Koçan Çürüklüğüne Karşı Engelleyici Etkisi

Öz: Mısır ekim alanlarında sap ve koçan çürüklüğü hastalığı sebebiyle verim kayıpları yaşanmaktadır. Hastalığa karşı kullanılan fungusitler istenilen etkiyi gösterememekte ve zamanla dayanıklılık sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple hastalığa karşı mücadelede yeni stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Çalışmada *in vitro* koşullarda biberiye, çörekotu, kimyon, sandal ağacı ve zencefi uçucu yağlarının mısırdaki *Fusarium verticillioides* ve *Fusarium pseudograminearum*'a karşı engelleyici etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uçucu yağlar 0.25, 0.5, 1, 2 ve 4 $\mu\text{l mL}^{-1}$ lik dozlarda uygulanmıştır. Uçucu yağlardan arı PDA besiyeri negatif kontrol, ticari fungusit (80 g l⁻¹ Triconazole, 40 g l⁻¹ Pyraclostrobin-BASF company) içeren PDA besiyeri ise pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ayrıca uçucu yağların kimyasal içerik analizi GC-MS metodu ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, biberiye, çörek otu, sandal ağacı ve zencefil uçucu yağlarının dozu arttıkça her iki patojene karşı engelleyici etkileri artmış ve bu etkiler birbirlerine yakın bulunmuştur. *F. verticillioides* ve *F. pseudograminearum*'a karşı en yüksek engelleyici etki kimyon uçucu yağının pozitif kontrol uygulamasında sırasıyla %82.1 ve %78.9 oranında saptanırken, bu etki 4 $\mu\text{l mL}^{-1}$ dozunda sırasıyla %74.6 ve %68.3 olarak saptanmıştır. Bununla birlikte, bu uçucu yağlar ile tarla şartlarında daha detaylı çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitki uçucu yağları, fungal koloni, *Fusarium pseudograminearum*, *Fusarium verticillioides*, mısır

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
oktaye@gmail.com

Alınış (Received): 11/08/2022
Kabul (Accepted): 01/09/2022

¹Pamukkale University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Organic Farming Business Management, Denizli, Turkey.

²Pamukkale University, Faculty of Applied Sciences, Department of Organic Farming Business Management, Civril - Denizli, Turkey.

1. Introduction

Corn, which is included in the Maydeae tribe of the Gramineae family, is a plant that shows the highest yield in the world among all cool climate and hot climate cereals, can use solar energy best (C4 plant) and can produce the most dry matter per unit area (Kirtok, 1998). The corn plant, which has a wide production, has left many industrial plants behind in terms of usage purposes. Maize is mostly grown as fodder, silage or grain to feed livestock (Klopfenstein et al., 2013). Even while animal feed accounts for the majority of the world's maize output, it is also a staple of human diet, particularly in the form of corn flour, corn bread, and corn syrup (Shah et al., 2016). Corn is also used in the plastic and fabric industry, in the production of biofuels, as a nutrient medium to grow many types of microorganisms, and as a food dye (Raut et al., 2015; Someshwar et al., 2018; Aly Emam et al., 2020). According to world data, approximately 1 billion tons of corn is produced, and the United States is the world's largest corn producer with an annual production of approximately 380 billion tons. Corn is cultivated on 692 thousand hectares of land and 6.5 million tons of corn are produced in Turkey, which comes in at number 19 in terms of cultivation area and production (TSI, 2021).

In corn farming, serious yield losses are experienced every year due to biotic and abiotic stress factors. Fungal, viral and bacterial disease factors from biotic stress factors cause significant losses in corn yield (Peng et al., 2021). Many *Fusarium* species cause significant yield losses in root, root collar, stem, leaf or cob of cool climate cereals (barley, wheat, oats and rye etc.) and warm climate cereals (corn, paddy and sorghum etc.) (Desmond et al., 2008). These diseases are seen in grain production regions in the world and cause 10-30% yield loss in Europe every year (Foroud et al., 2014). According to reports, the most significant diseases that reduce maize yields worldwide in corn-producing regions are *Fusarium* stem and ear rots. (Miller, 1994; Bottalico, 1998; Edwards, 2004). Bends and twists around the stem axis are typically seen in plants due to stem and ear rot disease. After the fungus enters the mature plant roots, it develops in the bark tissue, goes to the trunk and can cause death in the seedling stage. *Fusarium verticillioides* (Sacc) Nirenberg (Syn: *F. moniliforme*) forms whitish-pink micelles on corncobs (Tiru et al., 2021). Without causing any symptoms, the pathogen that was present in the seed can be discovered endophytically in the plant (Burgess and Wayne, 2012). Pathogenic fungi produce toxins at levels harmful to human and animal health (Gurdaswani and Ghag, 2020). Wrinkled white heads may develop in grains infected with *Fusarium pseudograminearum*, and as a result of an effect on grain development, grain yield, grain number, grain weight and stalk weight decrease (Chekali et al., 2016). It is reported that *F. verticillioides* produces Zearalenone (ZEA), Fumonisin (FUM) and Deoxynivalenol (DON) toxins in

maize. (Blandino et al., 2009; Miadener et al., 2010; Mukanga et al., 2010; Goertz et al., 2010). The amount of toxin formed according to the severity of the disease harms human and animal health (Munkvold, 2001). High doses of ZEA cause persistent oestus and infertility, especially in animals (Fink-Gremmels, 1999).

Fungicides containing various active ingredients (pyraclostrobin, sedaxana and triticonazole) are used in the chemical control against stalk and ear rot in corn (Anonymous, 2021). Despite the fact that synthetic fungicides are effective, they have made it necessary to develop non-chemical control methods in the control against disease factors because they over time cause the emergence of resistant strains in different pathogens, leading to epidemics and environmental pollution by upsetting the natural balance (Temur and Tiryaki, 2012). Essential oils are complex mixtures and contain a number of chemical metabolites with potential antifungal properties (Nazzaro et al., 2017). Antifungal effects are attributed to the predominant components in their chemical structures. Monoterpenes, diterpenes, sesquiterpenes and their oxygen derivatives in hydrocarbon structure, as well as alcohols, aldehydes, esters, ketones, phenolic and oxidized components can also be found in the structures of essential oils (Işcan, 2002). The antifungal effects of *Rosmarinus officinalis* L., *Nigella sativa* L., *Cuminum cyminum* L., and *Zingiber officinale* essential oils against various pathogens have been determined in studies (Ozcan et al., 2008; Mahmoudvand et al., 2014; Basım and Basım, 2017; Ghasemi et al., 2018; Castro et al., 2020). In studies conducted to determine the antifungal effect against *F. verticillioides*, the antifungal effect of essential oils of *R. officinalis*, *C. cyminum* and *Z. officinale* has been reported (da Silva Bomfim et al., 2015; Khosravi et al., 2015; Castro et al., 2020). In the literature review, no studies were found to define the antifungal effect of essential oils of *A. andrachne*, *R. officinalis*, *C. cyminum*, *N. sativa* and *Z. officinale* against *F. pseudograminearum*, and of *A. andrachne* and *N. sativa* against *F. verticillioides*.

In this study, it was aimed to determine the inhibitory effect of different concentrations of five essential oils (rosemary, black cumin, cumin, sandalwood and ginger) against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* in maize under *in vitro* conditions.

2. Materials and Methods

2.1. Fungal isolates

In the experiment, *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* isolates with known virulence and isolated from maize plant were obtained from the fungal culture collection of the General Directorate of Agricultural Research and Policies, Directorate of Plant

Protection Central Research Institute. Fungal isolates were grown on potato dextrose agar medium (PDA-Difco) in a cooled incubator (25±1 °C temperature; 12 hours of darkness/12 hours of light) and stored at +4 °C in the refrigerator.

2.2. Plant materials

In the study, essential oils of plants belonging to different families such as rosemary (*R. officinalis* L), black cumin (*N. sativa* L), cumin (*C. cyminum* L.), sandalwood (*A. andrachne* L.) and ginger (*Z. officinale*) were used. It was produced by a private company by steam distillation method and used as plant material (Table 1). The essential oils were stored in the refrigerator at +4 °C in dark colored and tightly closed bottles until used.

2.3. Determination of essential oils by gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS)

GC-MS analysis of essential oil components was carried out at Süleyman Demirel University Innovative Technologies Application and Research Center (YETEM). Component analyzes were performed on a gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) (Shimadzu 2010 SE, Kyoto Japan) instrument. The individual peaks were identified by comparing linear retention indices (LRI) as well as comparing mass spectra with the Wiley library (Wiley, New York, NY, USA) and the NIST mass spectral database (Gaithersburg, MD, USA) (Semiz et al., 2016).

2.4. Inhibitory effect of essential oils on fungal growth *in vitro* conditions

The inhibitory effect of rosemary, black cumin, cumin, sandalwood and ginger essential oils belonging to different families against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* was investigated according to the contact application test with *in vitro* petri dishes. Essential oils of rosemary, black cumin, cumin, sandalwood and ginger plants were dissolved in ethanol solution at a 1:2 ratio and poured into sterile petri dishes (10 cm diameter) with PDA at different concentrations, instead of PDA

medium sterilized at 121 °C for 15 minutes in autoclaved and cooled (Table 2). The 7-day-old fungal isolates that had previously been cultivated in PDA medium were cut into discs with a 5 mm diameter fungus discs and put in the middle of petri dishes with essential oil + PDA medium. PDA medium free from essential oils was used as negative control, and licensed fungicide (80 g l⁻¹ Triticonazole, 40 g l⁻¹ Pyraclostrobin-BASF company) against stalk and ear rot disease in maize was used at recommended dose as positive control. The petri dishes were incubated at 25±1 °C for 10 days after inoculation and then covered with parafilm. The measurement of the colony diameter was made by measuring the diameter of the fungus colony in separate directions perpendicular to each other (Benjilali et al., 1984). The inhibitory percentage of different doses of essential oil was calculated using the formula MGI (%) = [(C-T) /C] x 100, where MGI: Mycelial growth inhibitory percentage, C and T, respectively, are the diameter of colonies in control petri dish (mm) and the diameter of colonies treatment petri dish (mm) (Dev et al., 2004). The experiment was carried out in a randomized plot design with 3 replications.

2.5. Statistical methods

Statistical analyses of the data were performed with the JMP IN packet statistic program (SAS Institute, Carry, NC, 13.0 PC version). Analysis of variance (one-way ANOVA) was carried out to determine the effects of the treatments. When the treatment effects were statistically significantly (p≤0.01), the Duncan's multiple range test was used for means separations.

3. Results and Discussion

The GC-MS analysis results were examined in the study, a total of 80 active substances were determined in 5 different plant essential oils (Table 3). Eucalyptol (1,8-Cineole) was the highest in *N. sativa* essential oil component with a rate of 48.28%, followed by cuminaldehyde (31.44%) in *C. cyminum* (Table 3).

Table 1. Common name, scientific name, family, brand name and company name of the plant materials used in this study

Common name	Scientific name	Family	Brand name	Company name
Rosemary	<i>Rosmarinus officinalis</i> L	Lamiaceae	Rosemary Oil	
Black cumin	<i>Nigella sativa</i> L.	Ranunculaceae	Black Cumin Oil	Arpaş Arifoğlu Marketing, Distribution and Trade Inc.
Cumin	<i>Cuminum cyminum</i> L.	Apiaceae	Cumin Oil	
Sandalwood	<i>Arbutus andrachne</i> L.	Ericaceae	Sandalwood Oil	Avçılar-Istanbul/TURKEY
Ginger	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Ginger Oil	

Table 2. Treatment of plant essential oils against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum*

	Application	Doses (µl mL ⁻¹)
Essential oils	Rosemary (<i>Rosmarinus officinalis</i> L)	0.25
	Black cumin (<i>Nigella sativa</i> L.)	0.5
	Cumin (<i>Cuminum cyminum</i> L.)	1
	Sandalwood (<i>Arbutus andrachne</i> L.)	2
	Ginger (<i>Zingiber officinale</i>)	4

Table 3. GC-MS analysis results of essential oils of rosemary (*R. officinalis*), black cumin (*N. sativa*), cumin (*C. cyminum*), sandalwood (*A. andrachne*) and ginger (*Z. officinale*)

No	Compound name ^a	LRI ^b	% of the essential oil				
			<i>R. officinalis</i>	<i>N. sativa</i> ^c	<i>C. cyminum</i> ^c	<i>A. andrachne</i>	<i>Z. officinale</i> ^c
1	Tricyclene	924	1.05	0.77	0.04	0.21	1.44
2	alpha- Thujene	927	0.23	2.40	0.32	0.27	0.16
3	alpha - Pinene	933	20.06	14.78	1.68	4.90	7.01
4	beta- Fenchene	942	0.10	-	-	-	0.12
5	Camphene	953	5.02	4.77	0.24	1.62	12.33
6	Sabinene	972	1.15	2.23	0.32	0.61	0.51
7	beta- Pinene	978	2.96	9.07	16.03	2.96	2.11
8	4-Methyl-1-hepten-5-one	986	-	-	-	-	0.54
9	beta- Myrcene	991	0.48	-	0.69	-	1.55
10	Octanal	1006	-	-	-	-	0.14
11	Phellandrene	1007	0.16	-	0.44	-	0.39
12	DELTA.3-Carene	1009	0.45	-	0.05	-	0.04
13	alpha- Terpinene	1018	0.72	-	0.18	-	0.13
14	Cymol	1025	4.68	8.41	14.73	1.85	1.17
15	Limonene	1030	8.66	3.10	1.19	1.36	12.72
16	Eucalyptol (1,8-Cineole)	1052	24.02	48.28	1.93	15.10	16.27
17	gamma-Terpinene	1058	2.10	3.36	17.79	1.41	0.70
18	trans-Sabinene hydrate	1088	-	0.52	0.03	0.26	0.20
19	alpha- Terpinolen	1096	0.35	-	0.13	-	0.28
20	Dimethylstyrene (alpha-para)	1104	-	-	0.52	-	0.65
21	Linalool	1114	1.94	-	-	-	-
22	Chrysanthenone	1133	-	-	-	0.34	-
23	Carveol	1152	-	-	0.10	-	-
24	Camphor	1157	2.01	2.32	0.09	0.93	0.87
25	Isoborneol	1165	15.84	-	-	-	-
26	4-Terpineol	1193	0.49	-	0.28	-	0.18
27	Dimethylbenzylcarbinyl acetate (DMBCA)	1200	-	-	0.35	-	0.62
28	alpha- Terpineol	1207	4.31	-	-	-	-
29	Perilla alcohol	1208	-	-	0.85	-	-
30	Dihydrocarvone	1210	-	-	0.11	-	-
31	alpha- Terpinyl acetate	1213	0.60	-	-	-	-
32	Z-Citral	1238	-	-	-	-	1.88
33	Cuminaldehyde	1247	-	-	31.44	-	-
34	Carvotanacetone	1260	-	-	0.33	-	-
35	E-Citral	1268	-	-	-	-	2.25
36	Phellandral	1277	-	-	0.34	-	-
37	Bornyl acetate	1287	2.00	-	-	-	-
38	2-Undecanone	1294	-	-	-	-	0.17
39	2-Caren-10-al	1298	-	-	6.84	-	-
40	1-Phenylpropane-1,3-diol	1302	-	-	0.89	-	-
41	Thymol	1307	-	-	0.10	-	-
42	Carvacrol	1317	-	-	0.05	-	-
43	R(+)-Limonen	1358	-	-	-	2.93	-
44	Citronellyl acetate	1363	-	-	-	-	0.37
45	alpha- Copaene	1375	-	-	-	-	0.25
46	Hydrocoumarin	1386	-	-	-	5.93	-
47	gamma- Cadinene	1388	-	-	0.09	-	-
48	Linalyl acetate	1392	-	-	-	-	0.93
49	beta- Elemene	1400	-	-	-	-	0.33
50	alpha- Zingiberene	1414	-	-	-	-	0.09
51	Caryophyllene	1428	0.63	-	0.12	-	-
52	Coumarin	1438	-	-	-	5.94	-
53	Germacrene B	1439	-	-	-	-	0.15
54	Farnesene ((E)-, beta)	1466	-	-	0.05	-	-
55	alpha- Cedrene	1483	-	-	1.32	-	-
56	Germacrene D	1490	-	-	-	-	0.45
57	Curcumene	1491	-	-	-	-	4.30
58	Alloaromadendrene	1503	-	-	-	-	0.52
59	Sesquithujene (7-epi)	1506	-	-	-	-	17.72
60	alpha- Farnesene	1517	-	-	-	-	1.40
61	beta- Bisabolene	1519	-	-	-	-	3.80
62	beta- Sesquiphellandrene	1534	-	-	-	-	3.80
63	Ethyl phthalate	1592	-	-	-	7.23	-
64	Carotol	1601	-	-	0.05	-	-
65	Cedryl methyl ether	1624	-	-	-	4.56	-
66	Widdrene	1717	-	-	-	2.30	-
67	alpha.-Hexylcinnamaldehyde	1754	-	-	-	1.35	-
68	Cedrene	1768	-	-	-	18.63	-
69	Cedryl acetate	1771	-	-	-	2.48	-
70	beta- Guaien	1777	-	-	-	0.85	-
71	Aromadendrene	1790	-	-	-	0.39	-

72	Hexamethyl-pyranoindane	1847	-	-	-	6.99	-
73	Benzene, 1-(1,1-dimethylethyl)-3,5-dimethyl-2,4,6-trinitro-	1852	-	-	-	1.11	-
74	Tetralin (6-Acetyl-, 1,1,2,4,4,7-hexamethyl-)	1855	-	-	-	4.00	-
75	Musk ketone	1961	-	-	-	3.48	-
76	Tetracosane	2400	-	-	0.07	-	-
77	Pentacosane	2500	-	-	0.08	-	-
78	Hexacosane	2600	-	-	0.07	-	-
79	Heptacosane	2700	-	-	0.06	-	-
80	Nonacosane	2900	-	-	0.02	-	-
			100	100	100	100	100

^a Compounds listed in order their elution, ^b LRI: Linear retention index, ^c GC-MS analysis results are shared in the article of Sağlan et al. (2022).

The effects of five various concentrations (0.25, 0.5, 1, 2 and 4 $\mu\text{L mL}^{-1}$) of rosemary, black cumin, cumin, sandalwood, and ginger plant essential oils on *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* on mycelial growth and inhibition rates are shown in Table 4 for the study conducted *in vitro* conditions. In comparison to the negative control, it was discovered that the inhibitory effects of rosemary, black cumin, cumin, sandalwood, and ginger essential oils on the mycelial growth of *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* were statistically significant ($P \leq 0.01$). Depending on the dose increase, each essential oil utilized in the study reduced the pathogens mycelial development at a different rate. Positive control treatment of rosemary essential oil showed 81.7% and 80.4% effects on tested *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum*, respectively, while high dose (4 $\mu\text{L mL}^{-1}$) treatment followed the next highest effect (64.8% and 60.6%). In other doses of rosemary essential oil, inhibition of mycelial growth of *F. verticillioides* was between 19.3% and 50.9%, while inhibition of mycelial growth of *F. pseudograminearum* was between 15.7% and 47.4%. While the highest effect on *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* in black cumin essential oil was detected in the positive control treatment at 80.4% and 73.0%, respectively, this treatment was followed by 4 $\mu\text{L mL}^{-1}$ treatment (72.5% and 62.7%). While other doses of black cumin essential oil inhibited mycelial growth of *F. verticillioides* between 19.8% and 53.7%, it inhibited mycelial growth of *F. pseudograminearum* between 15.0% and 50.8%. Positive control application of cumin essential oil showed 82.1% and 78.9% effects against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum*, respectively, while this effect was 74.6% and 68.3%, respectively, in 4 $\mu\text{L mL}^{-1}$ treatments. While other doses of cumin essential oil inhibited mycelial growth of *F. verticillioides* between 14.5% and 57.1%, it inhibited mycelial growth of *F. pseudograminearum* between 13.9% and 51.6%. Positive control treatment of sandalwood essential oil showed the highest inhibitory effect against *F. verticillioides* (61.9%), while this effect was found to be 58.0% in *F. pseudograminearum*. In five doses of sandalwood essential oil, inhibition of mycelial growth of *F. verticillioides* was between 16.3% and 51.5%, while inhibition of mycelial growth of *F. pseudograminearum* was between 14.5% and 48.9%. The highest inhibitory effect in ginger essential oil was determined against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* in the positive control treatment

at a rate of 79.6% and 74.7%, respectively. Similar antifungal effects were seen against both pathogens in all five doses of ginger essential oil. While the inhibition of mycelial growth of *F. verticillioides* was between 20.5% and 66.2%, inhibition of mycelial growth of *F. pseudograminearum* was between 18.3% and 61.6% (Table 4).

In the study, cumin essential oil was determined as the most effective essential oil inhibiting mycelial growth of *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum*, compared to rosemary, black cumin, sandalwood and ginger essential oils. Positive control and high dose (4 $\mu\text{L mL}^{-1}$) application of cumin essential oil showed a high inhibitory effect against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum*, and the antifungal effects of the other four essential oils were found to be close to each other, depending on the pathogen and dose.

The main components of the essential oil and extract from rosemary differ. According to the results of GC-MS analysis, the main components of rosemary essential oil were determined as eucalyptol (1,8-cineole) (24.02%), α -pinene (20.06%) and isoborneol (15.84%) (Table 3). The effects of essential oils depend on their chemical composition, which is influenced by many factors such as plant genotype, geographic region, environmental factors and agronomic conditions (Yeşil Çeliktaş et al., 2007). In this context, the antimicrobial effects of essential oils; it determines the composition, structure and functional groups of these compounds (Omıdbeygi et al., 2007). Rosemary (*R. officinalis* L.) from the Lamiaceae family is an important medicinal and aromatic plant species. Rosemary has biological effects such as antifungal, antimicrobial, antioxidant and antiviral. In a conducted study, it was reported that *R. officinalis* significantly reduced mycelial growth of *F. verticillioides* (da Silva Bomfim et al., 2015). Another study also showed that *R. officinalis* inhibited the growth and conidial production of *F. verticillioides* (Achimón et al., 2021). Black cumin, one of the most useful essential oils known, is a perennial herbaceous plant used in the food, medicine and cosmetics industries. In the content of *N. sativa* essential oil, 12 components were found together with eucalyptol (1,8-cineole) (48.28%) and α -pinene (14.78%), which are high in content. It has been reported that eucalyptol, the main component of *N. sativa* essential oil, completely inhibits the growth of various fungal species (Naz, 2011).

In addition, essential oil of black cumin seed completely inhibits mycelial growth of *F. verticillioides* (Elgorban et al., 2015). Cumin with important medicinal properties is a well-known aromatic plant. GC-MS results showed that cuminaldehyde (31.44%), γ -terpinene (17.79%) and cymol (14.73%) were high in cumin essential oil (Table 3). Antibacterial, antifungal and antioxidant activities of *C. cyminum* essential oil have been demonstrated (Bokaeian et al., 2014; Ghasemi et al., 2018). Studies have shown parallelism with our results and it has been reported that cumin essential oil contains high levels of cuminaldehyde compounds (Morcia et al., 2012). Khosravi et al. (2015) determined that *F. verticillioides* isolates were sensitive to *C. cyminum* essential oil and there was a significant decrease in the growth of fungal isolates. In the study, *C. cyminum* came to the forefront as the essential oil that inhibits fungus growth at the highest rate among 5 different essential oils. The antioxidant properties of sandalwood (*A. andrachne* L.), which belongs to the

Arbutus genus of the Ericaceae family, are known. The main components found in sandalwood oil were cedrene (18.63%), eucalyptol (1.8-Cineole) (15.10%) and ethyl phthalate (7.23%) (Table 3). In the literature review, no study was found that investigated the antifungal effect of *A. andrachne*. This is the first study to investigate the antifungal effect of *A. andrachne*. According to the results we obtained, cedarwood essential oil inhibited the mycelial growth of *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* pathogens at varying rates depending on the dose. Ginger essential oil, which is an important spice plant from the Zingiberaceae family, contains high levels of sesquithujene (17.72%), eucalyptol (16.27%) and limonene (12.72%) (Table 3). In a study where ginger essential oil was applied against *F. verticillioides*, it was determined that ginger essential oil had a high antifungal effect against *F. verticillioides* (Castro et al., 2020).

Table 4. Antifungal properties of some plant essential oils on growth of *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* mycelium

Essential oils	Doses ($\mu\text{L mL}^{-1}$)	<i>F. verticillioides</i>		<i>F. pseudograminearum</i>	
		Mycelial growth (mm) ¹	MGI (%)	Mycelial growth (mm) ¹	MGI (%)
<i>R. officinalis</i>	0	43.2 a*	0.0	42.4 a*	0.0
	0.25	34.8 b	19.3	35.8 b	15.7
	0.5	30.1 c	30.3	30.9 c	27.1
	1	25.3 d	41.4	26.4 d	37.7
	2	21.2 e	50.9	22.6 e	47.4
	4	15.2 f	64.8	16.7 f	60.6
	Positive control	7.9 g	81.7	8.3 g	80.4
	CV _(0.01)	1.5		2.1	
<i>N. sativa</i>	0	43.0 a	0.0	38.8 a	0.0
	0.25	34.5 b	19.8	33.0 b	15.0
	0.5	29.3 c	31.9	27.7 c	28.7
	1	24.4 d	43.3	23.2 d	40.3
	2	19.9 e	53.7	19.1 e	50.8
	4	11.8 f	72.5	14.5 f	62.7
	Positive control	8.4 g	80.4	10.5 g	73.0
	CV _(0.01)	1.9		1.8	
<i>C. cyminum</i>	0	44.7 a	0.0	43.1 a	0.0
	0.25	38.2 b	14.5	37.1 a	13.9
	0.5	33.1 c	25.9	32.4 c	24.8
	1	26.7 d	40.2	27.5 d	36.2
	2	19.2 e	57.1	20.8 e	51.6
	4	11.3 f	74.6	13.7 f	68.3
	Positive control	8.0 g	82.1	9.1 g	78.9
	CV _(0.01)	6.1		3.4	
<i>A. andrachne</i>	0	43.9 a	0.0	41.9 a	0.0
	0.25	36.8 b	16.3	35.8 b	14.5
	0.5	33.2 c	24.4	32.4 c	22.7
	1	29.2 d	33.5	28.7 d	31.5
	2	24.5 e	44.2	24.3 e	42.0
	4	21.3 f	51.5	21.4 f	48.9
	Positive control	16.8 g	61.9	17.6 g	58.0
	CV _(0.01)	2.2		2.3	
<i>Z. officinale</i>	0	43.2 a	0.0	43.2 a	0.0
	0.25	34.3 b	20.5	35.3 b	18.3
	0.5	31.1 c	28.0	31.7 c	26.6
	1	25.3 d	41.4	26.9 d	37.7
	2	21.3 e	50.6	22.4 e	48.1
	4	14.6 f	66.2	16.6 f	61.6
	Positive control	8.8 g	79.6	10.9 g	74.7
	CV _(0.01)	2.3		3.0	

¹ Ten days after inoculation, the mean radial mycelial growth of *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum* were calculated. Based on three replicate plates, each observation. Prior to statistical analysis, arcsine transformation was done.

*Mean values followed by different letters within the column are significantly different according to Duncan Test (P \leq 0.01). Positive Control: 80 g l⁻¹ Triconazole+40 g l⁻¹ Pyraclostrobin-BASF company. MGI: Mycelial growth inhibition rate.

4. Conclusions

Among the essential oils of rosemary, black cumin, cumin, sandalwood and ginger, which were found to have inhibitory effects in the study carried out under *in vitro* conditions, especially cumin essential oil was found to be the most effective essential oil against *F. verticillioides* and *F. pseudograminearum*. The highest inhibitory effect against both pathogens was obtained from positive control and high dose (4 µl mL⁻¹) treatment of cumin essential oil. The effect of synthetic fungicides used in the control against stem and ear rot disease decreases over time, resistance emerges, and human and environmental health are damaged. For this reason, detailed studies should be carried out to determine the *in vivo* activities of cumin and other plant essential oils, which can be used as an alternative to chemical pesticides, which do not disturb the natural balance, are considered safe for human and environmental health, and can be used as an alternative to chemical pesticides.

Acknowledgements

The authors thanks to Agricultural Engineer Orhan BÜYÜK (General Directorate of Agricultural Research and Policies, Directorate of Plant Protection Central Research Institute) for kindly providing fungal isolate.

Author contributions

Yagmur Ceylan: Data Curation/Visualization;
Zehra Saglan: Investigation/Data Curation;
Gurbet Celik Turgut: Resource/Instrument Supply/Review and Editing;
Oktay Erdogan: Methodology/Material/Original Draft Writing/Statistical Analysis/Supervision.

Conflict of interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

Ethics Committee Approval

As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

References

Achimón, F., Brito, V. D., Pizzolitto, R. P., Ramirez Sanchez, A., Gómez, E. A., & Zygodlo, J. A. (2021). Chemical composition and antifungal properties of commercial essential oils against the maize phytopathogenic fungus *Fusarium verticillioides*. *Revista Argentina de Microbiología*, 53(4), 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.12.001>

- Aly Emam, M. S., Elsayed, T., & Hamed L. M. M. (2020). Sweet Corn Growth Performance and Rhizosphere Microbial Densities in Response to Mineral and Organic Amendments, *Egyptian Journal of Soil Science*, 60(1), 43-52. <https://doi.org/10.21608/EJSS.2019.19528.1324>
- Anonymous (2021). Bitki koruma ürünleri veri tabanı (BKU). Erişim adresi <http://bku.tarim.gov.tr>
- Basım, E., & Basım, H. (2017). Antifungal effects of the essential oils of cumin, laurel and thyme against *Mycogone pernicioso*, a causal agent of wet bubble disease on cultivated mushroom *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya, Türkiye, 10 - 12 Mayıs 2017, ss.1839.
- Benjilali, B., Tantadui-Elaraki, A., Ayadi, A., & Ihlal, M. (1984). Method to Study Antimicrobial Effects of Essential Oils: Application to the Antifungal Activity of Six Moroccan Essences. *Journal of Food Protection*, 47, 748-752. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-47.10.748>
- Blandino, M., Reyneri, A., & Vanara, F. (2009). Effect of sowing time on toxigenic fungal infection and mycotoxin contamination of maize kernels. *Journal of Phytopathology*, 157, 7-14. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01431.x>
- Bokaeian, M., Shiri, Y., Bazi, S., Saeidi, S., & Sahi Z. (2014). Antibacterial activities of *Cuminum cyminum* Linn. Essential Oil Against Multi-Drug resistant *Escherichia coli*. *International Journal of Infectious Diseases*, 1(1), e18739. <https://doi.org/10.17795/iji-18739>
- Bottalico, A. (1998). Fusarium Diseases of Cereals: Species Complex and Related Mycotoxin Profiles, in Europe. *Journal of Plant Pathology*, 80(2), 85-103.
- Burgess, L. W., & Wayne, B. (2012). Fusarium: a ubiquitous fungus of global significance. *Microbiology Australia*, 33(1), 22-25. <https://doi.org/10.1071/MA12022>
- Castro, J. C., Pante, G. C., Centenaro, B. M., Almeida, R., Pilau, E. J., Dias Filho, B. P., Mossini, S., Abreu Filho, B. A., Matioli, G., & Machinski Junior, M. (2020). Antifungal and antimycotoxigenic effects of *Zingiber officinale*, *Cinnamomum zeylanicum* and *Cymbopogon martini* essential oils against *Fusarium verticillioides*. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 37(9), 1531-1541. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1778183>
- Chekali, S., Samia, G., Mediha, R., Paulitz, T., & Bouzid, N. (2016). Impacts of previous crops on Fusarium foot and root rot, and on yields of durum wheat in North West Tunisia. *Phytopathologia Mediterranea*, 55, 253-261. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-17933
- Da Silva Bomfim, N., Nakassugi, L. P., Faggion Pinheiro Oliveira, J., Kohiyama, C. Y., Mossini, S., Grespan, R., Nerilo, S. B., Mallmann, C. A., Alves Abreu Filho, B., & Machinski, M. (2015). Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. *Food Chemistry*, 166, 330-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.019>

- Desmond, O. J., Manners, J. M., Stephens, A. E., Maclean, D. J., Schenk, P. M., Gardiner, D. M., Munn, A. L., & Kazan, K. (2008). The *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol elicits hydrogen peroxide production, programmed cell death and defence responses in wheat. *Molecular Plant Pathology*, 9(4), 435-445. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00475.x>
- Dev, U., Devakumar, C., Mohan, J., & Agarwal, P. C. (2004). Antifungal activity of aroma chemicals against seed-borne fungi. *Journal of Essential Oil Research*, 16(5), 496-499. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698780>
- Edwards, S. G. (2004). Influence of agricultural practices on *Fusarium* infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicology Letters*, 153, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2004.04.022>
- Elgorban, A. M., Bahkali, A. H., El-Metwally, M. A., Elsheshtawi, M., & Abdel-Wahab, M. A. (2015). *In vitro* Antifungal Activity of Some Plant Essential Oils. *International Journal of Pharmacology*, 11, 56-61. <https://doi.org/10.29252/cmm.3.2.1>
- Fink-Gremmels, J. (1999). Mycotoxins: Their implications for human and animal health. *Veterinary Quarterly*, 21, 115-120. <https://doi.org/10.1080/01652176.1999.9695005>
- Foroud, N. A., Chatterton, S., Reid, L. M., Turkington, T. K., Tittlemier, S. A., & Gräfenhan, T. (2014). *Fusarium* Diseases of Canadian Grain Crops: Impact and Disease Management Strategies. In: Goyal, A., Manoharachary, C. (eds) *Future Challenges in Crop Protection Against Fungal Pathogens*. *Fungal Biology*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1188-2_10
- Ghasemi, G., Fattahi, M., Alirezalu, A., & Ghosta, Y. (2018). Antioxidant and antifungal activities of a new chemovar of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Food Science and Biotechnology*, 28(3), 669-677. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0506-y>
- Goertz, A., Zuehlke, S., Spittler, M., Steiner, U., Dehne, H. W., Waalwijk, C., de Vries, I., & Oerke, E. C. (2010). *Fusarium* species and mycotoxin profiles on commercial maize hybrids in Germany. *European Journal of Plant Pathology*, 128, 101-111. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9634-9A>
- Gurdaswani, V., & Ghag, S. B. (2020). Chapter 2 - Toxins from *Fusarium* species and their role in animal and plant diseases. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering Recent Advances in Application of Fungi and Fungal Metabolites: Applications in Healthcare*, 7-27. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821006-2.00002-9>
- İşcan, G. (2002). Umbelliferae familyasına ait bazı bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitelerinin araştırılması. (MSc Thesis), Anadolu University, The Institute of Natural Sciences, Eskişehir, Turkey.
- Khosravi, A. R., Shokri, H., & Mokhtari, A. R. (2015). Efficacy of *Cuminum cyminum* essential oil on FUM1 gene expression of fumonisin-producing *Fusarium verticillioides* strains. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 5(1), 34-42.
- Kirtok, Y. (1998). Mısır Üretim ve Kullanımı. Kocaoluk Basın ve Yayınevi, s. 445, İstanbul.
- Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., & Berger, L. (2013). Maize is a critically important source of food, feed, energy and forage in the USA. *Field Crops Research*, 153, 5-11. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.006>
- Mahmoudvand, H., Sepahvand, A., Jahanbakhsh, S., Ezatpour, B., & Ayatollahi Mousavi, S. A. (2014). Evaluation of antifungal activities of the essential oil and various extracts of *Nigella sativa* and its main component, thymoquinone against pathogenic dermatophyte strains. *Journal de Mycologie Medicale*, 24(4), 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2014.06.048>
- Miadener, T., Bolduan, C., & Melchinger, A. E. (2010). Aggressiveness and mycotoxin production of eight isolates each of *Fusarium graminearum* and *Fusarium verticillioides* for ear rot on susceptible and resistant early maize inbred lines. *European Journal of Plant Pathology*, 127, 113-123. <https://doi.org/10.1007/s10658-009-9576-2T>
- Miller, J.D. (1994). Epidemiology of *Fusarium* ear diseases of cereals. In *Mycotoxins in grain: compounds other than Aflatoxin*. Edited by J.D. Miller and H.L. Trenholm. Eagan Pres, St. Paul, Minn., 19-35.
- Morcía, C., Malnati, M., & Terzi, V. (2012). *In vitro* antifungal activity of terpinen-4-ol, eugenol, carvone, 1,8-cineole (eucalyptol) and thymol against mycotoxigenic plant pathogens. *Food Additives & Contaminants*, 29(3): 415-422. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.643458>
- Mukanga, M., Derera, J., Tongoona, P., & Laing, M. D. (2010). A survey of pre-harvest ear rot diseases of maize and associated mycotoxins in South and central Zambia. *International Journal of Food Microbiology*, 141: 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.05.011>
- Munkvold, G. P. (2001). Ear rot and mold problems. *Integrated Crop Management*, 486(23), 183-184.
- Naz, H. (2011). *Nigella sativa*: the miraculous herb. *Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 44(1), 44-48.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., & Feo, V. (2017). Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals*, 10(4), 86. <https://doi.org/10.3390/ph10040086>
- Omidbeygi, M., Barzegar M., Hamidi, Z., & Naghdibadi, H. (2007). Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste. *Food Control*, 18, 1518-1523. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.12.003>
- Ozcan, M. M., & Chalchat, J. C. (2008). Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(7-8), 691-698. <https://doi.org/10.1080/09637480701777944>
- Peng, Y., Li, S. J., Yan, J., Tang, Y., Cheng, J. P., Gao, A. J., Yao, X., Ruan, J. J., & Xu, B. L. (2021). Research Progress on Phytopathogenic Fungi and Their Role as Biocontrol

- Agents. *Frontiers in Microbiology*, 12, 670135. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670135>
- Raut, N., Al-Balushi, T., Panwar, S., Vaidya, R. S., & Shinde, G. B. (2015). Microalgal Biofuel. In (Ed.), *Biofuels - Status and Perspective*. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/59821>
- Sağlan, Z., Ceylan, Y., Çelik Turgut, G., & Erdogan, O. (2022). Antifungal Effect of Some Plant Essential Oils against *Verticillium Wilt (Verticillium dahliae* Kleb.) in Cotton. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 9(7), 55-65.
- Semiz, G., Çelik, G., Gönen, E., & Semiz, A. (2016). Essential oil composition, antioxidant activity and phenolic content of endemic *Teucrium alyssifolium* Staph. (Lamiaceae). *Natural Product Research*, 30(19), 2225-2229. <https://doi: 10.1080/14786419.2016.1149703>
- Shah, T. R., Prasad, K., Kumar, P., & Yildiz, F. (2016). Maize-A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1166995. <https://doi: 10.1080/23311932.2016.1166995>
- Someshwar, B., Aadhar, M., & Mitesh P. (2018). Maize Yarn Production from Fabricated Equipment, *Spin Clinic*, 12, 44-51.
- Temur, C., & Tiryaki, O. (2012). Combination of Irradiation and Sodium Carbonate to Control Postharvest *Penicillium* Decay of Apples. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 42(1-2-3), 47-56.
- Tiru, Z., Mandal, P., Chakraborty, A. P., Pal, A., & Sadhukhan, S. (2021). Fusarium Disease of Maize and Its Management through Sustainable Approach. In (Ed.), *Fusarium-An Overview of the Genus*. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100575>
- Turkish Statistical Institute (TSI), (2021). Agricultural Statistic Data. Erişim adresi <http://www.tuik.gov.tr>
- Yeşil Çelikaş, O., Hames Kocabaş, E. E., Bedir, E., Vardar Sukan, F., Özek, T., & Baser, K. H. C. (2007). Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. *Food Chemistry*, 100, 553-559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.011>

Improvement of Rice (*Oryza sativa*) Germination and Seedling Growth Under Cadmium Stress Conditions Using Different Seed Priming Agents

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 119-128, 2022

Samet KARATAŞ¹, Ömer KONUŞKAN*²

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 119-128, 2022

Abstract: The non-essential heavy metal cadmium (Cd) prevents rice seed germination and seedling growth when it is present in micromolar concentrations. To mitigate the effects of Cd toxicity on rice, seed priming, a pre-germinated seedling approach, may improve seed and seedling performance. In 2019, an experiment was conducted in Turkey to evaluate seed germination and seedling growth of rice. The experiment was comprised of five concentrations of Cd stress (0, 50, 100, 200 and 400 ppm) on three rice cultivars (Osmancık 97, Halilbey, and Kızıltan) and three seed priming techniques such as hydropriming, priming using 2% KNO₃ (potassium nitrate), and priming using 100 mg/L salicylic acid. The complete randomized design was arranged to be conducted with three replications in this investigation. The findings demonstrated that each Cd dose had detrimental effects on seed germination and seedling growth in all rice varieties. All varieties showed different reactions to priming treatments. Hydropriming showed the most positive impact on germination, while priming with KNO₃ exhibited negative effects for all rice varieties. The Cd content of plant roots were higher than the shoots. It was observed that the lowest Cd content was detected in the shoots and roots of plants which were pre-treated with SA as compared to other priming applications. More than 50 ppm of cadmium was harmful because it lowered morphological features. However, seed hydropriming partially corrected these effects. For Cd stress resistance, the rice genotype Kızıltan continued to outperform the other cultivars studied.

Keywords: Cadmium, germination, *Oryza sativa*, KNO₃, salicylic acid

Kadmiyum Stres Koşullarında Farklı Priming Uygulamalarında Çeltiğin Çimlenme ve Fide Gelişimi

Öz: Bir ağır metal olan kadmiyum (Cd), çok düşük konsantrasyonlarda çeltiğin çimlenme ve fide gelişimini engeller. Kadmiyumun çeltiğin üzerine olan etkilerini azaltmak için, priming uygulamaları, tohum ve fide performansını iyileştirebilir. 2019 yılında yapılan bu çalışmada çeltiğin çimlenme ve fide gelişiminin değerlendirilmiştir. Deneme, tesdüf parselleri deneme deseninde üç faktörlü olarak (üç çeltik çeşidi (Osmancık 97, Halilbey ve Kızıltan), beş Cd konsantrasyonu (0, 50, 100, 200 ve 400 ppm) ve üç priming farklı uygulaması (hidropriming, %2 KNO₃, salisilik asit) yürütülmüştür. Araştırma sonuçları, her bir Cd dozunun tüm çeltik çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde zararlı etkileri olduğunu göstermiştir. Tüm çeşitler, priming uygulamasına farklı tepkiler göstermiştir. Hidropriming; çimlenme üzerinde en olumlu etkiyi gösterirken, KNO₃ uygulaması tüm çeltik çeşitleri için olumsuz etkiler göstermiştir. Bitki köklerinin Cd içeriği sürgünlerden daha yüksek bulunmuştur. Salisilik asit uygulamasında köklerdeki kadmiyum içerikleri diğer priming uygulamalarına göre daha düşük bulunmuştur. 50 ppm'den fazla kadmiyum dozlarında morfolojik özellikler daha fazla etkilenmiştir. Bununla birlikte, hidropriming bu etkileri kısmen düzeltmiştir. Cd stresi altında, Kızıltan çeltik çeşidini en iyi performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kadmiyum, çimlenme, *Oryza sativa*, KNO₃, salisilik asit

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
okonuskan@mku.edu.tr

Alınış (Received): 05/09/2022
Kabul (Accepted): 05/10/2022

¹Hatay Mustafa Kemal University, Institute of
Natural and Applied Sciences,
Hatay, Türkiye.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of
Agriculture, Department of Field Crops,
Hatay, Türkiye.

1. Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most essential cereal crops, and it is a staple food for more than half of the world's population. Around 90% of the world's rice is grown in Asian countries (Al-Ashkar et al., 2016; Das et al., 2018; Anis et al., 2019; Hossain et al., 2021). Worldwide, rice fulfils around 80% of the requisite calories for its people (Monsur et al., 2020). Worldwide rice production is significantly impacted by abiotic and biotic stressors. (Jamshidian and Talat, 2017; Wasaya et al., 2022). Drought, salinity, cold, flooding, high temperatures, and heavy metal contamination are the main abiotic stress factors for rice (Datta et al., 2021). Fe, Cu, Mn, Co, Ni, Zn, Cd, Hg, and arsenic are considered to be the major heavy metals found in soil, and some of these metals are essential micronutrients responsible for many regular processes in plants. The common detrimental influences of heavy metals are distorted nutrient assimilation, chlorosis, and reduction in growth and photosynthesis. These result in lower biomass accumulation and senescence, and finally lead to the death of plants (Ali et al., 2011).

Cadmium (Cd) is considered to be one of the major heavy metal toxic pollutants (Jarup and Akesson, 2009). It finds its way to the environment through waste produced as a result of industrial processes, urban activities, indiscriminate use of fertilizers, and sewage sludge (Liu et al., 2007; Parlakova Karagöz and Dursun, 2020). Generally, the concentration of Cd in the natural environment is very low, but even at low concentrations, it may cause toxicity because of its non-essential role in plants (White and Brown 2010; Farah et al., 2020). Cd in soil interferes with germination and has a detrimental effect on cereal seedling growth (Gözübenli, 2010). Ultimately, this leads to poor seedling establishment which results in lower grain yields and reduced efficacy in the utilization of farm resources. The main causes for the rise in Cd concentrations in soils are a variety of human activities, such as zinc mining and smelting as well as the use of chemical fertilizers and pesticides (Li et al., 2006). The natural protective responses for plants under heavy metal toxicity stress include activation of several antioxidative defence mechanisms and a decrease in absorption (Shahid et al., 2015).

Seed priming is a straightforward method for pre-germinating seeds. It can be used to boost seed and seedling performance and alleviate various abiotic stresses, such as heavy metal exposure (Iqbal et al., 2015a,b; Akar and Atis, 2018; Akar and Atis, 2019). It is a low-cost hydration technique in which seeds are soaked in a priming solution followed by drying the seeds. This initiates germination related processes without radicle emergence (Iqbal et al., 2015c; Nyoni et al., 2020; Choudhary et al., 2021). Different priming agents such as potassium nitrate (KNO₃) and ascorbic acid (AsA) and

hormones like salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA₃) are used as priming agents in seed priming techniques which can greatly promote better germination and establishment of field crops such as rice, wheat, and maize under different stress conditions (Iqbal, 2015). Among priming agents, SA is a phytohormone that is effective against various stresses in plants (Arfan, 2009).

Seed priming works by regulating the amount of hydration in seeds. In turn, this controls the metabolic activity required for radical emergence. (Iqbal et al., 2015b; Anwar et al., 2021). The initiation of radical emergence usually takes place in the presence of high seed water content. To meet this requirement, seeds sown in field conditions usually take time to absorb a sufficient amount of water from the soil (Iqbal, 2015a). Hence, priming agents, especially hydropriming (soaking seeds in sterilized water), are supposed to reduce the time taken to germination (Iqbal et al., 2015a; Ali et al., 2016; Mamun et al., 2018). Nawaz et al., (2013) found that the promotion of pre-germination metabolic activity prior to the emergence of the radicle and plumule is the underlying mechanism behind priming and imparting tolerance against stress. Even in normal conditions, seed priming led to robust seedling growth, and ideal seedling establishment increased the grain yield of transplanted rice, as reported by Mamun et al., (2018); Iqbal (2015a), and Waraich et al., (2021). In wheat, Shakirova et al., (2016) reported that seed priming with SA decreased the negative effect of Cd toxicity.

The world's population is growing, and this increases the need for industrial products. It is anticipated that the problem of heavy metal toxicity will worsen in the future and have a significant impact on crop output, especially rice. Zhao et al., (2018) reported that the area of agricultural soil in China that is polluted by heavy metals through sewage irrigation was nearly 20% of the total agricultural land, and the area of agricultural soil polluted by cadmium was 1.133×10⁷ hm². Shao et al., (2004) observed that Cd stress greatly affects the seedling growth of rice, and there were significant differences in seedling growth and antioxidant enzyme activities among different Cd tolerance rice genotypes. Jun-yu et al., (2008) found that higher Cd concentration damages humans through the food chain, in addition to having negative impacts on crop output and quality. Additionally, they stated that different rice cultivars responded differently to various Cd stress levels.

Turkey's Cd concentration is rising steadily. Data on how Turkish rice cultivars fare under various levels of Cd stress and which cultivars respond best to seed priming techniques are not yet available. The goal of the current study is to evaluate the effectiveness of various priming agents on seed germination of rice varieties and seedling growth under Cd stress.

2. Materials and Methods

2.1. Location and duration

The investigation was carried out in 2019 under controlled circumstances at the Field Crops Laboratory of Mustafa Kemal University in Hatay, Turkey.

2.2. Experimental treatments and design

The experimental design was a three factorial design arranged in a completely randomized design with three replications. The experiments examined five concentrations of Cadmium (Cd) stress (0, 50, 100, 200 and 400 ppm) on three rice cultivars (Osmançık 97, Halilbey and Kızıltan) and three seed priming techniques, such as priming using fresh water (hydropriming), priming using 2% potassium nitrate (2% KNO₃), and priming using 100 mg/L salicylic acid, to evaluate seed priming efficacy on germination and seedling growth under different Cd stress conditions. Cadmium stress was imposed using cadmium sulphate hydrate (3 Cd SO₄. 8H₂O). The seeds of three rice cultivars were primed in a beher glass for 48 hours at 25 °C. Twenty-five seeds from each priming technique for each cultivar were placed in petri dishes containing three layers of filter paper (Anchor Paper Co., St. Paul, Minn.). The tests were performed by following the protocols suggested by ISTA (ISTA 1996). The papers were rolled, placed in a plastic container (21.5 x 32.5 x 5.5 cm), and incubated in a dark germinator at 25 °C for 10 days.

2.3. Data collection

Seed germination was measured every 24 hours up until the tenth day of incubation. A seed was considered germinated when the emerging radicle was at least 2 mm long. At the final count, seedlings were classified as either normal or abnormal.

Germination percentage was calculated using the following formula 1 (ISTA, 1996):

$$\text{Germination percentage} = \frac{\text{Number of normal seedlings at final count}}{\text{Number of seeds placed for germination}} \times 100 \quad (1)$$

The Germination Index (GI) was measured according to Ellis and Roberts (1980) using the following formula 2:

$$GI = \sum(Gt/Tt) \quad (2)$$

where Gt is the number of seeds germinated on the tth day, and Tt is the number of days up to the tth day.

Mean germination time (MGT) was measured according to the formula of Wang et al., (2004), formula 3:

$$MGT = \sum(D \times n) / \sum n \quad (3)$$

where n is the number of seeds germinated on each day, and D is the day of counting. The tolerance index (TI) was measured by using the formula of Çarpıcı et al., (2009), as shown formula 4:

$$TI = \sum(Gt/Tt) \quad (4)$$

where Gt is the number of seeds germinated on the tth day, and Tt is the number of days up to the tth day.

The isolated roots and the shoots were washed in distilled water, dried, and ground (≤ 05 mm). The Cd content was determined with inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES Agilent 5110) after dry-ashing (Wang et al., 2007).

2.4. Statistical analysis

All of the data were thoroughly examined for homogeneity before being divided into parts with the use of a computer for analysis using the MSTAT-C statistical program. The treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level (Gomez and Gomez, 1984).

3. Results and Discussion

The findings showed that different priming techniques had diverse effects on crop development at various Cd concentrations (Table 1,2,3,4). In all of the conditions, the maximum values of germination and crop growth traits were recorded for Kızıltan with hydropriming (Table 5-9). The present study's findings unmistakably showed that priming improved the seedling growth metrics for rice root and shoot weights.

The findings showed that all rice germination features, as well as the interactions among varieties, priming methods, and Cd concentrations, were strongly impacted by the treatments (Table 1). The highest performance for germination rate, germination index, mean germination time, etc. was recorded by hydropriming as compared to rest of the priming treatments. Among rice cultivars, Kızıltan outperformed the rest of the cultivars, especially under the controlled conditions for germination indices, while increasing the level of Cd stress hampered germination related parameters. It might be inferred that superior genetic potential and seed invigoration with hydropriming enabled rice seeds to perform better in terms of germination indices under various Cd stress levels. Increased amylase activity, which is favourably connected with reserve mobilization and MGT in rice, may have contributed to the notable improvement in germination (Lee and Kim, 2000). Our results indicated that primed seeds emerged faster and decreased the MGT. Similar results were also found by Harris et al., (2001). The positive effect of priming treatments was

most likely a result of the stimulatory effects of priming in the early stage of germination processes by the mediation of cell division in germinating seeds (Khafagy et al., 2017). These results are in line with those of Iqbal (2015) who concluded that hydropriming was successful in increasing cereal germination indices. It has also been revealed that priming seeds slowly provided water, and this allowed for a slow and controlled imbibition, prompting rehydration cell membrane repair mechanisms to operate efficiently and adequately (Mercado and Fernandez, 2002). According to several studies, hydropriming increases the rate of seedling emergence, seedling establishment, and early vigour (Iqbal et al., 2015a; Khafagy et al., 2017).

Cultivar, seed priming, and Cd stress all interacted to significantly affect rice seedling and root growth. Hydropriming remained effective in boosting root length and fresh weight along with seedling length and fresh weight compared to all other priming treatments, especially up to 100 ppm Cd stress, while higher levels of Cd stress reduced root and seedling growth of all rice cultivars. It was possible to conclude that the rice variety Kiziltan cultivar had greater genetic potential and responded favourably to water-soaked seed treatment when exposed to Cd stress. Similarly, following the trend, the greatest root and seedling dry weights were also recorded by Kiziltan cultivar seeds treated with hydropriming. In terms of the seedling and root growth parameters under study, the Osmancık-97 cultivar could not perform on par with the other cultivars, while priming with KNO₃ remained inferior compared to hydropriming. Our findings also depicted that increased Cd stress reduced root and seedling growth of all rice cultivars under investigation. Cd had detrimental consequences that were visible at the molecular, physiological, and biochemical levels. It led to amend structures and ultra-structures of photosynthetic apparatus, and thus the photosynthetic rate was reduced (Xue et al., 2013). The ability of seed priming to induce abiotic stress, such as

metal toxicity tolerance in plants, was not diminished. (Farooq et al., 2019). Using different chemicals for seed priming improved the seedling growth of cereals (Farooq et al., 2019). Probably due to hormonal imbalance, priming therapy on seed germination increased fresh and dry weights of rice roots and seedlings and decreased the amount of growth-inhibiting chemicals such as abscisic acid (Demir et al., 1999). Similar results were reported by Ruan et al., (2002) who reported significant improvement on seedling growth of hydroprimed seeds of cereals. The faster emergence rate after priming may be due to an increased rate of cell division in the root tips of seedlings from primed seeds, as reported in wheat (Basra et al., 2006). This result agrees with that of Tongma et al., (2001) and Farooq et al., (2006). It has been noted that priming has positive impacts on repairing and accumulating nucleic acids, triggering the creation of proteins, and repairing damaged membranes (Moradi et al., 2008).

In order to prevent the hazardous effects of Cd, determining the Cd concentrations in roots and seedlings is of great importance, in addition to rice cultivar performance in terms of root and seedling growth. The results showed that hydropriming remained effective in ameliorating Cd stress by reducing Cd uptake in both roots as well as seedlings. Hydroprimed seeds of Kiziltan recorded the least Cd contents in roots and seedlings, and less Cd was observed in the shoots as compared to the roots. The lowest Cd content was recorded in Kiziltan roots and shoots (Figure 1). The optimum availability of nutrients to seedlings following their emergence, which improved the early growth and consequently led to improved barley fresh and dry weight within the nutrient primed seed treatments, could also be responsible for the improvement in barley seedling fresh and dry weight. (Khafagy et al., 2017). In terms of the interactions between rice varieties and priming agents, the findings showed that nearly all interactions considerably improved rice germination and early seedling growth parameters.

Table 1. Seed priming alleviates cadmium stress during germination and early seedling growth stages of rice

Cd (ppm)	Priming	GR (%)	GI	MGT (day)	TI	RL (cm)	SL (cm)
0	H ₂ O	78.67 b	9.88 d	4.02 b-e	100.00 d	15.88 e	34.91 e
	KNO ₃	14.83 i	1.42 i	2.73 f	27.93 i	3.34 j	11.65 k
	SA	77.66 b	10.06 cd	4.25 a-d	100.00 d	12.87 f	32.09 f
50	H ₂ O	82.50 a	11.39 a	3.40 ef	168.24 a	22.94 c	45.94 a
	KNO ₃	21.16 i	2.38 k	3.69 c-e	34.00 g	6.39 h	15.84 i
	SA	83.33 a	11.73 a	3.56 de	136.44 c	24.22 a	43.71 b
100	H ₂ O	71.00 c	10.84 b	3.56 de	153.06 b	21.87 d	42.21 c
	KNO ₃	16.67 i	1.86 jk	4.03 a-e	29.16 h	4.24 i	12.14 j
	SA	65.00 d	8.10 f	3.99 b-e	137.26 c	23.45 b	36.06 d
200	H ₂ O	71.33 c	10.47 cb	3.99 b-e	95.19 e	11.45 g	27.67 h
	KNO ₃	17.16 i	1.93 i	4.34 a-c	21.87 j	3.30 j	7.29 l
	SA	59.83 e	8.87 e	4.04 a-c	95.55 e	12.47 f	28.68 g
400	H ₂ O	45.16 g	6.16 h	4.43 ab	0.00 k	0.00 k	12.29 j
	KNO ₃	3.50 j	0.37 j-l	4.75 a	0.00 k	0.00 k	0.00 m
	SA	48.33 f	6.81 g	3.82 b-e	0.00 k	0.00 k	12.54 j
LSD		2.50	0.441	0.727	0.890	0.209	0.414

GR: Germination rate, GI: germination index, MGT: Mean germination time, TI: Tolerance index, RL: Root length, SL: Seedling length

Table 2. Seed priming alleviates cadmium stress during germination and early seedling growth stages of rice

Cd (ppm)	Priming	RFW (mg)	SFW (mg)	RDW (mg)	SDW (mg)	RCdC (ppm)	SCdC (ppm)
0	H ₂ O	14.85 e	22.12 d	14.80 d	21.58 e	0.00 h	0.00 j
	KNO ₃	3.90 k	6.72 l	3.57 l	6.72 l	0.00 h	0.00 j
	SA	10.79 h	22.17 d	10.37 g	21.82 e	0.00 h	0.00 j
50	H ₂ O	19.70 b	29.49 a	19.70 b	28.62 a	15.39 e	11.21 f
	KNO ₃	4.45 l	8.47 h	4.34 h	8.24 h	5.50 g	3.81 l
	SA	15.14 d	25.50 b	15.06 d	25.12 b	12.28 f	10.24 g
100	H ₂ O	20.71 a	25.25 b	20.30 a	24.07 c	28.37 c	22.63 d
	KNO ₃	4.26 j	6.81 l	4.00 h	6.54 l	11.67 f	8.35 h
	SA	18.26 c	22.92 c	18.23 c	22.58 d	21.76 d	18.58 e
200	H ₂ O	11.47 g	16.12 f	11.13 f	16.19 f	76.54 a	48.27 a
	KNO ₃	2.84 l	5.47 k	2.93 j	5.29 k	22.34 d	11.54 f
	SA	12.75 f	16.99 e	12.94 e	15.89 f	59.68 b	38.73 e
400	H ₂ O	0.00 m	6.19 j	0.00 k	5.73 j	0.00 h	48.07 a
	KNO ₃	0.00 m	0.00 l	0.00 k	0.00 l	0.00 h	0.00 j
	SA	0.00 m	9.56 g	0.00 k	9.34 g	0.00 h	41.16 b
LSD		0.148	0.289	0.382	0.419	0.996	0.940

RFW: Root fresh weight, SFW: Seedling fresh weight, RDW: Root dry weight, SDW: Seedling dry weight, RCdC: Root cadmium, SCd C: Seedling cadmium

Table 3. Seed priming alleviates cadmium stress during germination and early seedling growth stages of rice

Cd (ppm)	Variety	GR (%)	GI	MGT (day)	TI	RL (cm)	SL (cm)
0	Osmancık-97	49.67 a	5.63 g	3.23 e-f	66.67 l	7.16 k	14.17 l
	Halilbey	45.33 g	5.60 g	3.91 c-e	66.67 l	13.43 e	33.40 d
	Kızıltan	76.16 b	10.12 e	4.26 a-d	84.56 g	10.10 g	31.08 e
50	Osmancık-97	54.17 d	7.32 f	4.91 a	94.69 e	8.77 l	15.90 h
	Halilbey	48.83 ef	5.83 g	3.06 f	133.01 a	18.56 c	33.94 e
	Kızıltan	84.0 a	12.35 a	3.70 c-f	110.99 d	26.22 a	55.64
100	Osmancık-97	47.0 fg	6.98 f	3.97 c-d	84.98 g	7.61	12.45 k
	Halilbey	32.5 h	4.42 h	3.85 c-e	118.63 b	16.93	31.42 e
	Kızıltan	73.17 c	9.02 d	4.42 a-c	115.86 c	25.06	46.54 b
200	Osmancık-97	48.67 ef	6.91 f	4.17 b-d	49.76 j	5.30 l	10.24 m
	Halilbey	26.33 l	3.92 l	3.19 ef	85.91 f	10.37 h	23.48 g
	Kızıltan	73.33 c	10.80 b	3.61 d-f	76.93 h	11.57 f	29.90 f
400	Osmancık-97	20.33 j	2.38 k	4.83 ab	0.00 k	0.00 m	0.00 n
	Halilbey	21.16 j	3.02 p	3.74 c-f	0.00 k	0.00 m	13.56 j
	Kızıltan	55.5 d	8.03 c	4.03 cd	0.00 k	0.00 m	11.27 l
LSD		2.5	0.441	0.727	0.890	0.209	0.414

GR: Germination rate, GI: germination index, MGT: Mean germination time, TI: Tolerance index, RL: Root length, SL: Seedling length

Table 4. Seed priming alleviates cadmium stress during germination and early seedling growth stages of rice

Cd (ppm)	Variety	RFW (mg)	SFW (mg)	RDW (mg)	SDW (mg)	RCdC (ppm)	SCdC (ppm)
0	Osmancık-97	6.68 j	9.31 l	5.94 l	8.87 j	0.00 g	0.00 l
	Halilbey	13.31 d	19.01 e	13.32 c	18.88 e	0.00 g	0.00 l
	Kızıltan	9.54 g	22.68 c	9.48 f	5.80 l	0.00 g	0.00 l
50	Osmancık-97	9.31 h	13.42	8.99 g	12.61 h	8.84 f	6.81 h
	Halilbey	16.54 c	21.33 d	16.51 b	21.23 d	8.15 f	5.99 h
	Kızıltan	13.45 d	28.71 a	13.60 c	28.14 a	16.18 de	12.46 g
100	Osmancık-97	8.62 l	11.77 h	8.05 h	11.35 l	15.23 e	13.77 f
	Halilbey	17.07 b	16.74 f	17.08 a	16.24 g	16.97 d	13.34 fg
	Kızıltan	17.54 a	26.49 b	17.40 a	25.61 b	29.60 c	12.46 g
200	Osmancık-97	5.43 k	6.51 j	5.12 j	6.34 k	47.34 b	41.08 b
	Halilbey	11.25 e	13.23 g	11.30 d	12.84 h	47.84 b	22.64 e
	Kızıltan	10.39 f	18.84 e	10.48 e	18.11 f	63.38 a	22.47 d
400	Osmancık-97	0.00 l	0.00 l	0.00 k	0.00 m	0.00 g	41.08 b
	Halilbey	0.00 l	6.21 k	0.00 k	5.80 l	0.00 g	37.36 c
	Kızıltan	0.00 l	9.54 l	0.00 k	9.28 j	0.00 g	51.87 a
LSD		0.148	0.248	0.382	0.419	0.996	0.940

RFW: Root fresh weight, SFW: Seedling fresh weight, RDW: Root dry weight, SDW: Seedling dry weight, RCdC: Root cadmium content, SCd C: Seedling cadmium content

Table 5. Interaction effects between priming and varieties

	RFW (mg)			SFW (mg)			RDW (mg)		
	H ₂ O	KNO ₃	SA	H ₂ O	KNO ₃	SA	H ₂ O	KNO ₃	SA
Osmancık-97	9.05 e	0.00 g	8.98 e	15.46 e	0.00 g	10.15 f	8.57 ef	0.00 g	8.29 f
Halilbey	19.03 a	0.00 g	16.87 b	22.97b	0.00 g	22.94 b	17.89 a	0.00 g	16.99 b
Kızıltan	12.96 c	9.27 d	8.33 f	22.60 c	16.49 d	24.68 a	13.02 c	8.91 d	8.65 cd
LSD		0.115			0.1928			0.296	
	SDW (mg)			RCdC (ppm)			SCdC (ppm)		
Osmancık-97	13.79 e	0.00 g	9.73 f	24.10 ab	0.00 e	18.74 d	20.60 d	0.00 g	16.38 c
Halilbey	22.34 b	0.00 g	22.66 b	24.77 a	0.00 e	19.01 d	26.53 c	0.00 g	21.07 d
Kızıltan	21.59 c	16.1 d	24.44 a	23.31 e	23.70 be	18.48 d	30.98 a	14.22 f	22.78 b
LSD		0.325			0.771			0.728	

RFW: Root fresh weight, SFW: Seedling fresh weight, RDW: Root dry weight, FRW: Fresh root length, RCdC: Root cadmium content, SCdC: Seedling cadmium content

Table 6. Interaction effects between priming and varieties

Cd (ppm)	PM	GR (%)			GI			MGT (day)		
		Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan
0	H ₂ O	73h-j	69 j-l	95 a-b	6.97 n	8.80 k	13.44 e	5.54 ab	4.09 dk	3.65 f-m
	KNO ₃	0 v	2 uv	43 op	0.00 u	0.13 u	4.12 f	0.00 n	2.75 i-m	5.43 abc
	SA	77fu	66 l	91 bc	9.94 ij	7.44 ln	12.81 ef	4.16 d-k	4.89 b-f	3.70 e-m
50	H ₂ O	78 eg	74 gı	97 a	10.10 ı	7.75 km	15.28 a	4.23 c-k	4.53 b-j	3.22 k-m
	KNO ₃	5 u	2 uv	59 m	0.00 u	0.00 u	4.12 f	6.50 a	0.00 n	4.58 b-ı
	SA	81 e-f	73 h-j	97 a	11.49 gh	8.69 k	15.01 ab	4.00 d-l	4.66 b-h	3.31 j-m
100	H ₂ O	70 i-k	54 n	90 c	10.96 h	7.75 k-m	12.69 e	3.34 i-m	3.66 e-m	3.68 e-m
	KNO ₃	4 uv	2 uv	45 o	0.37 u	0.16 u	6.77 b	4.92 b-e	3.50 h-m	4.61 b-h
	SA	68 kl	43 op	85 d	9.61 ij	5.34 o	9.35 ik	3.67 e-m	4.38 b-k	4.98 b-d
200	H ₂ O	71 t	47 o	97 a	11.06 h	7.09 mn	14.38 c	3.32 j-m	3.42 h-m	3.45 h-m
	KNO ₃	19 t	1 uv	32 r	1.80 t	0.10 u	3.88 gh	5.50 ab	2.50 m	4.08 d-k
	SA	56 mn	31 r	92 bc	7.91 l	4.57 p	14.14 cd	3.70 e-m	3.65 f-m	3.33 i-m
400	H ₂ O	17 v	37 q	82 de	1.87 t	5.34 o	11.58 f	4.65 b-h	3.71 e-m	3.71 e-m
	KNO ₃	5 u	2 uv	4 uv	0.44 u	0.21 u	0.47 q-s	5.50 ab	3.88 d-l	4.88 b-g
	SA	40 p-q	25 s	81 de	4.84 op	3.53 q	12.06 ef	4.32 b-k	3.63 g-m	3.50 h-m
LSD		4.345			0.764			1.259		

Table 7. Interaction effects of Cd, priming, and varieties of some germination parameters

Cd (ppm)	PM	TI			RL (cm)			SL (cm)		
		Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan
0	H ₂ O	100.00 o	100.00 o	100.00 o	9.97 pq	21.29 f	16.37 ı	20.72 t	52.26 e	31.77 n
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	83.78 r	0.00 u	0.00 u	10.02 pq	0.00 y	0.00 y	34.96 l
	SA	100.00 o	100.00 o	69.88 t	11.52 n	18.99 h	6.60 t	21.80 r	47.95 g	26.51 p
50	H ₂ O	163.54 e	224.29 a	116.88 k	10.19 p	34.84 b	23.78 e	25.78 q	53.29 d	58.74 b
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	102.00 n	0.00 u	0.00 u	19.18 h	0.00 y	0.00 y	47.52 g
	SA	120.51 j	174.73 c	114.09 l	16.11 j	20.83 g	35.71 a	21.92 r	48.55 f	60.66 a
100	H ₂ O	147.20 f	167.94 d	144.03 g	11.23 o	21.47 f	32.90 c	21.22 s	47.85 g	57.54 c
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	87.47 p	0.00 u	0.00 u	12.72 l	0.00 y	0.00 y	47.52 g
	SA	107.75 m	187.95 b	116.09 k	11.59 n	29.32 d	29.55 d	16.14 v	46.41 h	45.64 ı
200	H ₂ O	78.83 s	126.99 ı	79.75 o	7.47 s	14.66 k	12.23 m	16.42 v	36.12 k	30.45 o
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	70.45 t	0.00 u	0.00 u	9.91 q	0.00 y	0.00 y	21.86 r
	SA	107.75	130.76	85.43 q	8.41 r	16.44 ı	12.58 l	14.32 x	34.33 m	37.37 j
400	H ₂ O	0.00 v	0.00 v	0.00 v	0.00 u	0.00 u	0.00 u	0.00 y	21.67 rs	15.22 w
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	0.00 v	0.00 u	0.00 u	0.00 u	0.00 y	0.00 y	0.00 y
	SA	0.00 v	0.00 v	0.00 v	0.00 u	0.00 u	0.00 u	0.00 y	19.02 u	18.60 l
LSD		1.028			0.241			0.478		

TI: Tolerance index, RL: Root length, SL: Seedling length

Table 8. Interaction effects of Cd, priming, and varieties of some germination parameters

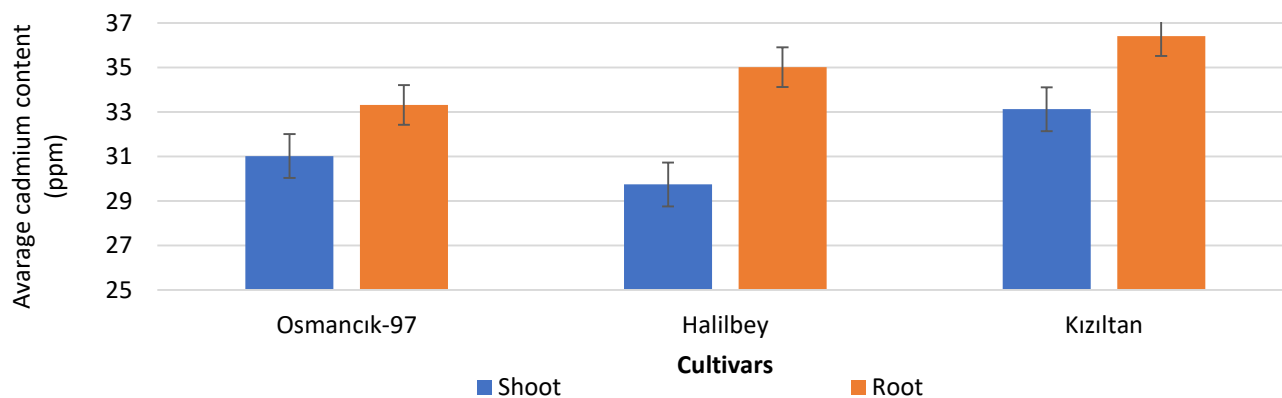
Cd (ppm)	PM	RFW (mg)			SFW (mg)			RDW (mg)		
		Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan
0	H ₂ O	8.57 t	20.46 e	15.51 ı	24.71 h	28.10 e	22.77 j	8.25 s	20.15 e	15.98 h
	KNO ₃	0.00 w	0.00 w	11.69 q	0.00 y	0.00 y	20.15 m	0.00 v	0.00 v	10.70 p
	SA	11.47 r	19.47 f	1.42 v	15.54 r	28.92 c	25.14 g	9.55 o	19.80 e	14.75 k
50	H ₂ O	14.54 k	30.07 a	14.50 k	24.71 h	33.86 a	29.89 e	14.03 k	30.28 q	14.80 j
	KNO ₃	0.00 w	0.00 w	13.35 m	0.00 y	0.00 y	25.40 g	0.00 v	0.00 v	13.03 ım
	SA	13.39 m	19.55 r	12.51 o	13.72 s	30.12 c	30.84 b	12.95 ım	19.25 f	12.98 ım
100	H ₂ O	13.73 l	23.72 d	24.68 c	21.60 k	24.15 ı	30.05 c	12.90 m	28.25 d	24.95 c
	KNO ₃	0.00 w	0.00 w	12.78 n	0.00 y	0.00 y	20.45 l	0.00 v	0.00 v	12.00 n
	SA	12.13 p	27.49 b	15.15 j	13.72 s	26.08 f	28.96 d	11.45 n	26.98 b	15.25 ı
200	H ₂ O	8.40 t	15.92 h	10.12 s	10.52 u	20.28 ım	20.18 ı-n	7.38 st	16.13 h	9.38 q
	KNO ₃	0.00 w	0.00 w	8.51 t	0.00 y	0.00 y	16.42 q	0.00 v	0.00 v	8.80 r
	SA	7.89 u	17.84 g	12.54 o	9.02 w	19.43 o	19.92 n	8.48t	17.78 g	13.28 ı
400	H ₂ O	0.00 w	0.00 w	0.00 w	0.00 y	8.47 x	10.11 v	0.00 v	0.00 v	0.00 v
	KNO ₃	0.00 w	0.00 w	0.00 w	0.00 y	0.00 y	0.00 y	0.00 v	0.00 v	0.00 v
	SA	0.00 w	0.00 w	0.00 w	0.00 y	10.17 v	18.52 p	0.00 v	0.00 v	0.00 v
LSD			0.171			0.287			0.441	

RFW: Root fresh weighth, SFW: Seedling fresh weighth, RDW: Root dry weighth

Table 9. Interaction effects of Cd, priming, and varieties of some germination parameters

Cd (ppm)	PM	SDW (mg)			RcCd (ppm)			ScCd (ppm)		
		Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan	Osmancık -97	Halilbey	Kızıltan
0	H ₂ O	14.55 o	27.83 e	22.35 ı	0.00 p	0.00 p	0.00 p	0.00 t	0.00 t	0.00 t
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	20.15 k	0.00 p	0.00 p	0.00 p	0.00 t	0.00 t	0.00 t
	SA	12.05 q	28.83 d	24.58 g	0.00 p	0.00 p	0.00 p	0.00 t	0.00 t	0.00 t
50	H ₂ O	23.23 b	33.80 a	28.83 d	13.76 n	13.68 n	18.74 l	10.69 pq	9.50 rs	13.44 o
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	28.83 d	0.00 p	0.00 p	16.49 m	0.00 t	0.00 t	12.52 o
	SA	14.60 o	29.89 c	30.88 b	12.75 n	10.78 o	13.31 n	9.73 qr	0.00 t	12.52 o
100	H ₂ O	20.97 j	22.50 ı	28.75 d	26.96 ı	28.77 h	29.37 h	22.33 l	22.62 l	22.95 l
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	19.63 l	0.00 p	0.00 p	35.00 g	0.00 t	0.00 t	25.05 k
	SA	13.08 p	26.23 f	28.45 d	18.73 l	22.13 k	24.43 j	18.97 m	17.39 n	19.39 nı
200	H ₂ O	10.20 n	19.35 l	18.73 m	79.79 b	81.40 a	68.44 c	70.00 c	35.95 h	38.87 g
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	15.88 n	0.00 p	0.00 p	67.02 d	0.00 t	0.00 t	34.62 ı
	SA	9.90 t	19.98 m	19.83 kl	62.23 e	62.12 e	54.59 f	53.24 e	31.96 j	31.01 j
400	H ₂ O	0.00 v	7.53 u	8.28 st	0.00 p	0.00 p	0.00 p	0.00 t	64.58 d	79.63 a
	KNO ₃	0.00 v	0.00 v	0.00 v	0.00 p	0.00 p	0.00 p	0.00 t	0.00 t	0.00 t
	SA	0.00 v	9.88 s	18.55 m	0.00 p	0.00 p	0.00 p	0.00 t	47.50 f	75.99 b
LSD			0.484			1.151			1.086	

SDW: Seedling

**Figure 1.** Cadmium content of shoots and roots of the three rice cultivars

4. Conclusions

The results of the current study supported the suggested hypothesis because different rice cultivars responded differently to seed priming agents when exposed to varied levels of Cd stress. It was established that, compared to other pre-treatments, the amount of cadmium found was much lower in the roots and shoots of plants made up of seeds pre-treated with salicylic acid. According to the results of the current study, the most Cd-sensitive variety is osmancık, whereas the most Cd-resistant variety is Kızıltan. Additionally, rice growers can be advised to use hydropriming, which was found to be the most successful method of increasing germination indices and seedling growth parameters. Nevertheless, more synthetic and natural growth regulators need to be tested because they might perform better in terms of rice germination and seedling growth, resulting in increased rice productivity.

Author contributions

Samet Karataş: Methodology, Resource, Investigation.
Ömer Konuskan: Review and Editing, Software, Supervision.

Conflict of interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

Ethics Committee Approval

As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

References

- Akar, M., & Atış, I. (2018). The effects of priming pretreatments on germination and seedling growth in perennial ryegrass exposed to heavy metal stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 6677-668.
- Akar, M., & Atış, I. (2019). The effects of priming treatments on germination and seedling growth of red fescue under nickel and cadmium stress. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 26-36.
- Al-Ashkar, I. M., Zaazaa, E. I., El Sabagh, A., & Barutçular, C. (2016). Physio-biochemical and molecular characterization for drought tolerance in rice genotypes at early seedling stage. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(6), 675-687. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(Issue6\).675.687](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(Issue6).675.687)
- Ali, A. A., Iqbal, A., & Iqbal, M. A. (2016). Forage maize (*Zea mays* L.) germination, growth and yield get triggered by different seed invigoration techniques. *World Journal of Agricultural Sciences*, 12(2), 97-104.
- Ali, S., Bai, P., Zeng, F., Cai, S., & Shamsi, I. H. (2011). The ecotoxicological and interactive effects of chromium and aluminum on growth, oxidative damage and antioxidant enzymes on two barley genotypes differing in Al tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 70(2-3), 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.09.002>.
- Anis, G., Hassan, H., El-Sherif, A., Saneoka, H., & El Sabagh, A. (2019). Evaluation of new promising rice hybrid and its parental lines for floral, agronomic traits and genetic purity assessment. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(3), 567-576. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.7297>.
- Anwar, M. P., Khalid, M. A. I., Islam, A. M., Yeasmin, S., Shari, A., Hadifa, A., Ismail, A. I., Hossain, A., & El Sabagh, A. (2021). Potentiality of Different Seed Priming Agents to Mitigate Cold Stress of Winter Rice Seedling. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 90(5), 1491-1506. <https://doi.org/10.32604/phyton.2021.015822>.
- Arfan, M. (2009). Exogenous application of salicylic acid through rooting medium modulates ion accumulation and antioxidant activity in spring wheat under salt stress. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(4), 437-442.
- Basra, S. M. A., Farooq, M., Afzal, I., & Hussain, M. (2006). Influence of osmopriming on the germination and early seedling growth of coarse and fine rice. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8: 19-21.
- Choudhary, S. K., Kumar, V., Singhal, R. K., Bose, B., Chauhan, J., Alamri, S., & Sabagh, A. E. (2021). Seed priming with Mg (NO₃)₂ and ZnSO₄ salts triggers the germination and growth attributes synergistically in wheat varieties. *Agronomy*, 11(11), 2110. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112110>.
- Çarpıcı, E. B., Celik, N., & Bayram, G. (2009). Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(19), 4918-4922.
- Das, S., Ali, M. M., Rahman, M. H., Khan, Mr., & Hossain, A. (2018). Soil test based with additional nutrients increased the fertility and productivity of wheatmungbean-T. Aman rice cropping pattern in the high Ganges river floodplain soils of Bangladesh. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(6), 992-1003.
- Datta, J., Monsur, M. B., Chakraborty, P., Chakraborty, S., Sabagh, A. E., Hossain, A., & Mondal, M. F. (2021). Obstacle in controlling major rice pests in Asia: insecticide resistance and the mechanisms to confer insecticide resistance. In: Fahad S, Sönmez O, Saud S, Wang D, Wu C, Adnan M, Arif M, Amanullah (eds) Engineering tolerance in crop plants against abiotic stress. CRC Press, Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9781003160717-5>
- Demir, I., & Van De Venter, H. A. (1999). The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Science and Technology*, 27(3), 871-875.

- Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1980). Towards a rational basis for seed testing seed quality. In: Hebblethwaite P., ed. *Seed Production*: Butterworths, London.
- Farah, G., Muhammad, A., Muhammad, S., & Basra, S. M. A. (2020). Salicylic acid seed priming modulates morphology, nutrient relations and photosynthetic attributes of wheat grown under cadmium stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(1), 197-204.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Tabassum, R., & Afzal, I. (2006). Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. *Plant Production Science*, 9(4), 446-456. <https://doi.org/10.1626/pp.s.9.446>.
- Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H., Wahid, A., Basra, S. M. A., & Siddique, K. H. M. (2019). Seed priming in field crops-potential benefits, adoption and challenges. *Crop and Pasture Science*, 70(9), 731-771. <https://doi.org/10.1071/CP18604>.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedure of agricultural research*: John Wiley and Sons. New York, USA.
- Gözubenli, H. (2010). Seed vigor of maize grown on the contaminated soils by cadmium. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(3), 168-171. <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.168.171>
- Harris, D., Pathan, A. K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., & Nyaniudeza, P. (2001). On-farm seed priming using participatory methods to revive and refine a key technology. *Agricultural Systems*, 69(1-2), 151-164. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00023-3)
- Hossain, A., Sabagh, A. E., Bhatt, R., Farooq, M., & Hasanuzzaman, M. (2021). Consequences of Salt and Drought Stresses in Rice and Their Mitigation Strategies through Intrinsic Biochemical Adaptation and Applying Stress Regulators. In *Sustainable Soil and Land Management and Climate Change*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2021; pp. 1-15.
- ISTA, (1996). *International rules for seed testing rules*. Seed Science and Technology, 24. Supplement.
- Iqbal, M. A. (2015). Improving germination and seedling vigour of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) with different priming techniques. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(2), 265-270.
- Iqbal, M. A., Ahmad, T., Ahmad, Z., Saleem, A. M., & Ahmad, B. (2015b). Overviewing comparative efficacy of different germination enhancement techniques for cereal crops. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(9), 1790-1802.
- Iqbal, M. A., Cheema, Z. A., & Afzal, M. I. (2015a). Evaluation of forage soybean (*Glycine max* L.) germination and seedling growth enhancement by seed priming techniques. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(6), 1198-1203.
- Iqbal, M. A., Saleem, A. M., Ahmad, B. (2015c). Effect of seed invigoration techniques on germination and seedling growth of Chinese sweet sorghum. *Journal of Advanced Botany and Zoology*, 2(2), 1-4.
- Jamshidian, Z., & Talat, F. (2017). Effects of seed priming on morphological and phenological characteristics of the coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Advances in Plants & Agriculture Research*, 7(6), 411-415. <http://dx.doi.org/10.15406/apar.2017.07.00275>.
- Jarup, L., & Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238(3), 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020>.
- Jun-yu, H., Yan-fang, R., Cheng, Z., & De-an, J. (2008). Effects of Cadmium stress on seed germination, seedling growth and seed amylase activities in rice (*Oryza sativa*). *Rice Science*, 15(4), 319-325. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(09\)60010-X](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(09)60010-X).
- Khafagy, M. A., Mohamed, Z. A. A., Farouk, S., & Amrajaa Hanan, K. (2017). Effect of pre-treatment of barely grain on germination and seedling growth under drought stress. *Advances in Applied Science*, 2(3), 33-42. <https://doi.org/10.11648/j.aas.20170203.12>.
- Lee, S. S., & Kim, J. H. (2000). Total sugars, α -amylase activity, and emergence after priming of normal and aged rice seeds. *Korean Journal of Crop Science*, 45(2), 108-111.
- Li, J., Xie, Z. M., Xu, J. M., & Sun, Y. F. (2006). Risk assessment for safety of soils and vegetables around a lead/zinc mine. *Environmental Geochemistry and Health*, 28: 37-44. <https://doi.org/10.1007/s10653-005-9009-x>.
- Liu, J., Qian, M., Cai, G., Yang, J., & Zhu, Q. (2007). Uptake and translocation of Cd in different rice cultivars and the relation with Cd accumulation in rice grain. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1-2), 443-447. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.09.057>.
- Mamun, A. A., Naher, U. A., & Ali, M. Y. (2018). Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of modern rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *The Agriculturalist* 16(1), 34-43. <https://doi.org/10.3329/agric.v16i1.37532>.
- Mercado, M. F. O., & Fernandez, P. G. (2002). Solid matrix priming of soybean seeds. *Philippine Journal of Crop Science*, 27(2), 27-35.
- Monsur, M. B., Ivy, N. A., Haque, M. M., Hasanuzzaman, M., El Sabagh, A., & Rohman, M. (2020). Oxidative stress tolerance mechanism in rice under salinity. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 89(3), 497-517. <https://doi.org/10.32604/phyton.2020.09144>.
- Moradi Dezfouli, P., Sharif-Zadeh, F., & Janmohammadi, M. (2008). Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). *ARP Journal of Agricultural and Biological Science*, 3(3), 22-25.
- Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Naddem, G. A., Sajid, M., Substain, M., & Shabbir, I. (2013). Seed priming a technique. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(20), 1373-1381.
- Nyoni, N., Ndlovu, E., & Maphosa, M. (2020). Effect of priming regimes on seed germination of field crops. *African Crop Science Journal*, 28(2), 169-176. <https://doi.org/10.4314/acsj.v28i2.3>.

- Parlakova Karagoz, F., & Dursun, A. (2020). Effects of chemical fertilizer and some bacterial formulations on growing medium and plant heavy metal content in poinsettia cultivation. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 35(1), 84-92. <http://dx.doi.org/10.28955/alinterizbd.739438>.
- Ruan, S., Zue, Q., & Thylokowska, K. (2002). Effects of seed priming on germination and health of rice (*Oryza sativa* L.) seeds. *Seed Science and Technology*, 30(2), 451-458.
- Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., & Nadeem, M. (2015). Heavy metal stress and crop productivity. In: K.R. Hakeem (ed.), *Crop Production and Global Environmental Issues*. Springer International Publishing Switzerland. pp. 1-25. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23162-4_1.
- Shakirova, F. M., Allagulova, C. R., Maslennikova, D. R., Klyuchnikova, E. O., Avalbaev, A. M., & Bezrukova, M. V. (2016). Salicylic acid-induced protection against cadmium toxicity in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, 122: 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.08.002>.
- Shao, G. S., Muhammad, J. H., Zhang, X. F., & Zhang, G. P. (2004). Effects of cadmium stress on plant growth and antioxidative enzyme system in different rice genotypes. *Chinese Journal of Rice Science*, 18(3), 239-244. (in Chinese with English abstract).
- Tongma, S., Kobayashi, K., & Usui, K. (2001). Allelopathic activity of Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] in soil under natural field conditions and different moisture conditions. *Weed Biology and Management*, 1(2), 115-119. <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2001.00020.x>.
- Wang, M., Zou, J., Duan, X., Jiang, W., & Liu, D. (2007). Cadmium accumulation and its effects on metal uptake in maize (*Zea mays* L.). *Bioresource Technology*, 98(1), 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.11.028>.
- Wang, Y. R., Yu, L., Nan, Z. B., & Liu, Y. L. (2004). Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Science*, 44(2), 535-541. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.5350>.
- Waraich, E. A., Ahmad, M., Soufan, W., Manzoor, M. T., Ahmad, Z., Habib-ur-rahman, M., & Sabagh, A. E. (2021). Seed priming with sulphhydryl thiourea enhances the performance of *Camelina sativa* L. under heat stress conditions. *Agronomy*, 11(9), 1875. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091875>.
- Wasaya, A., Yasir, T. A., Sarwar, N., Mubeen, K., Rajendran, K., Hadifa, A., & Sabagh, A. E. (2022). Climate Change and Global Rice Security. In *Modern Techniques of Rice Crop Production* (pp. 13-26). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4955-4_2.
- White, P. J., & Brown, P. H. (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany*, 105(7), 1073-1080. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq085>
- Zhao, Q. G., Zhou, B. Z., & Yang, H. (2018). Environmental quality and agricultural safety in Jiangsu Province. *Soils*, 1(1), 1-8. (in Chinese with English abstract).
- Xue, C., Gao, H. Y., & Zhang, L. T. (2013). Effects of cadmium on growth, photosynthetic rate and chlorophyll content in leaves of soybean seedlings. *Biologia Plantarum*, 57(3), 587-590. <https://doi.org/10.1007/s10535-013-0318-0>.

Bingöl İli Kuru Fasulye Üreten İşletmelerin Mevcut Durumu ve Ekonomik Analizi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 129-138, 2022

Mehmet AYÇİÇEK¹, Ersin KARAKAYA*²

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 129-138, 2022

Öz: Değişen dünya şartlarına hazır olmak ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olması açısından baklagil üretiminin artırılması son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı Bingöl ilinde kuru fasulye üreten işletmelerin ekonomik analizinin yapılması ve üreticilerin sosyo-ekonomik ve kültürel durumlarının belirlenmesidir. Araştırmanın temel verilerini Nisan-Haziran 2022 tarihleri arasında Bingöl ili Merkez ilçesinde "Tarım Bilgi Sistemi"ne kayıtlı olan 25 üretici ile anket yoluyla toplanan veriler oluşturmuştur. Araştırma bulgularına göre; Bingöl ilindeki işletmelerin ortalama arazi genişliği 11,3 da olarak hesaplanmıştır. Anket yapılan çiftçiler en çok geçim amacı olduğu için (%96), karlı olduğu için (%56), kuru fasulye üretimi kolay olduğu için (%36) kuru fasulye yetiştirdiklerini bildirmişlerdir. Anket yapılan işletmelerin %54.2'si tarımsal destek aldığını, %45.8'i ise almadığını belirtmiştir. İncelenen işletmelerde ortalama kuru fasulye verimi 143.28 kg/da Dekara düşen gayrisafi üretim değeri ortalama 2666.80 ₺ olarak bulunmuştur. Ayrıca, 1 kg kuru fasulye üretim maliyeti 11.01 ₺ olarak belirlenmiştir. İncelenen işletmelerde ortalama brüt kar 1218.80 ₺, net kar 1055,36 ₺ ve 1 kg ürün net kârı 7.96 ₺ olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda; kuru fasulye üreticilerinin üretimden, piyasaya arz noktasına kadar her aşamada sorunlarının olduğu kanısına varılmıştır. Bundan dolayı üreticilerin yaşadıkları problemlerin çözüme kavuşturulması ve kuru fasulyenin daha iyi bir fiyattan satılabilmesi için ihtiyaç duyulan bütün desteklerin sağlanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Baklagil, üretim maliyeti, brüt kar, net kar, Bingöl

Current Situation and Economic Analysis of Dry Bean Producing Businesses in Bingol Province

Abstract: Increasing legume production is important in terms of preparing for changing world conditions and contributing to the protection of natural resources. This study was carried out in order to reveal the current situation, to determine the socio-economic and cultural conditions of the producers, and to make suggestions for the development of dry bean cultivation by making an economic analysis of the enterprises producing dry beans in Bingol province. The basic data of the research consisted of 25 producers registered in the "Agricultural Information System" of Bingöl province, and the data collected through a questionnaire for the 2022 production period between April and June 2022 according to the full count method. According to the research findings; the average cultivated area in all enterprises was calculated as 11.3 da. Considering the farmers' purposes of growing dry beans; The aim of livelihood was determined as 96%, being easy 36%, and being profitable 56%. It was determined that 54.2% of the surveyed farmers received support, while 45.8% did not receive support. The average yield amount in the examined enterprises was determined as 147.80 kg/da. The gross margins value was calculated as 2803.76 ₺ in the average of the enterprises. Production cost of 1 kg of dry beans was determined as 11.01 ₺. Average gross profit in the examined enterprises; 1339.33 and net profit was found as 1175.4. 1 kg of product net profit; The average of the enterprises was calculated as 7.96. In the results of study; It has been concluded that dry bean producers have problems at every stage from production to the point of supply to the market. For this reason, it is necessary to provide the necessary support for the producers to solve their problems, earn the income they deserve and sell their products at an even better value.

Keywords: Legume, production cost, gross profit, net profit, Bingol

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
karakayaersin@hotmail.com

Alınış (Received): 09/09/2022
Kabul (Accepted): 14/10/2022

¹Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarla Bitkileri Bölümü,
Bingöl, Türkiye.

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Bölümü,
Bingöl, Türkiye.

1. Giriş

Baklagil üretimi; artan nüfusa protein sağlamada, iklim değişikliği ile mücadele ederken sera gazlarının toprakta tutulumunu sağlaması, toprağın organik madde miktarını ve toprağın su tutma kapasitesini artırması, toprak kalitesine olumlu etkiler yapması, yetiştiriciliği sırasında kimyasal azotlu gübre kullanılmaması, kendinden sonra yetiştirilen ürünler için toprakta azot ve su rezervi bırakması, ürünleri kuraklık, tuz ve su stresine karşı koruyarak verim artışı sağlamasından dolayı son derece önemlidir (Çevik, 2021). Kuru fasulye dünyada 105 ülkede yetiştirilmekte ve baklagiller içerisinde en fazla ekim alanına sahip olan üründür. Yetiştiriciliğinin büyük oranda Asya ve Amerika kıtalarında yapıldığı kuru fasulyenin ekim alanları 2015 yılında 31 milyon ha iken; 2019 yılında %5.7 artarak 33 milyon ha'a ulaşmıştır. FAO'nun 2019 yılı verilerine göre, kuru fasulye ekim alanının; baklagil ekim alanları içindeki oranı %37, kuru fasulye üretiminin baklagil üretimi içindeki oranı ise %33 olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılı verilerine göre kuru fasulye üretimi 33 milyon ha alanda 29 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2018-2019 yılları arasında kuru fasulye ekim alanlarında %7.4 ve üretiminde ise %3.6 azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 1) (FAO, 2021; TEPGE, 2021).

Türkiye'de kuru fasulye üretiminin gerçekleştiği alan 2019/20 üretim dönemi itibarıyla 88.9 bin ha olarak belirlenmiştir. Bu alanların yaklaşık %49'u İç Anadolu Bölgesi'nde yer alırken İç Anadolu Bölgesini %14.6 ile Doğu Anadolu Bölgesi takip etmiştir. Kuru fasulye veriminde 2018 yılına göre 2019 yılında %2.6 azalma gerçekleşmiştir. Kuru fasulye ekim alanlarında 2015 yılına oranla 2019 yılında %7 seviyesinde bir azalma görülmüştür. 2019/20 üretim döneminde 225 bin ton olarak gerçekleşen Türkiye kuru fasulye üretiminde 2020 yılında 2019 yılına göre %27 oranında artış gerçekleşmiştir. Bu artıştaki en önemli faktör kaliteli çeşitlerin geliştirilerek, kullanımının yaygınlaşmasıdır. Dekara kuru fasulye verimi 2002 yılında 139 kg iken 2020 yılında kullanılan tarım teknikleri ve girdi kalitesindeki artıştan dolayı 271 kg'a yükselmiştir. Kuru fasulye alanı 2019 yılında 84805 ha, verimi 259 kg/da ve üretimi ise 220000 ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2). Bingöl

Üniversitesi AR-GE faaliyetleri kapsamında Bingöl'ün ilk ve tek tescilli bitkisel ürünü olan 'Çınarbey' kuru fasulye çeşidi 2022 yılında Tescil Komitesinin oy birliği kararıyla "Çınarbey" adıyla çeşit olarak tescil edilmiş ve Türkiye'nin "Milli Çeşit Listesinde" yer almaya hak kazanmıştır. Bu gelişmeyle birlikte Bingöl'de kuru fasulye üretim alanı 200 da'dan 350 da'a yükselmiş ve 53 ton ürün elde edilmiştir.

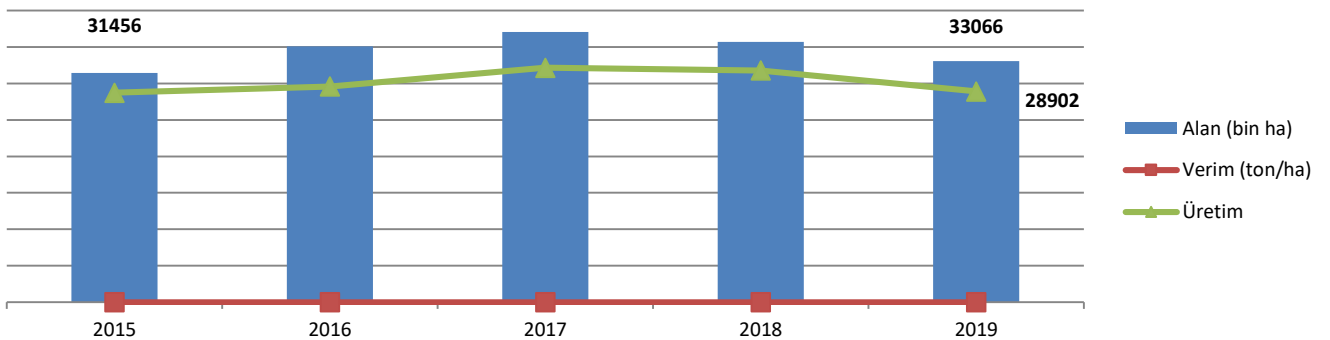
Tüm dünyayı etkileyen COVID-19 pandemisinden dolayı ortaya çıkan karantina şartları nedeniyle ekim ve hasat sezonları göz önüne alındığında girdi ve işçilik temini, pazara erişim ile ürünlerin dış pazara ulaşımı gibi aşamalarda problemler yaşanmıştır. Ayrıca karantina şartları gereği tüketiciler evde uzun süre depolayabileceği baklagillere yönelmiştir. Baklagillere olan ani talep artışı, kuru fasulyenin fiyatının uluslararası piyasalarda artmasına neden olmuştur (Kanat, 2021; TEPGE 2021). Özellikle pandemi sonrası ortaya çıkan "Bitki Bazlı Beslenme" alışkanlıkları ve bitki bazlı ürün çeşitliliğinin artması baklagillere olan talebin de giderek artmasına neden olmuştur. Bu nedenle baklagil üretiminin artırılması değişen dünya şartlarına hazır olmak ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olması açısından son derece önemlidir (Çevik, 2021).

Bu çalışma; Bingöl ili kuru fasulye üreten işletmelerin ekonomik analizini yaparak, mevcut durumu ortaya çıkarmak, üreticilerin sosyo-ekonomik durumlarını ve kültürel durumlarını belirlemek ve kuru fasulye yetiştiriciliğinin gelişebilmesi için önerilerde bulunmak amacıyla yapılmıştır.

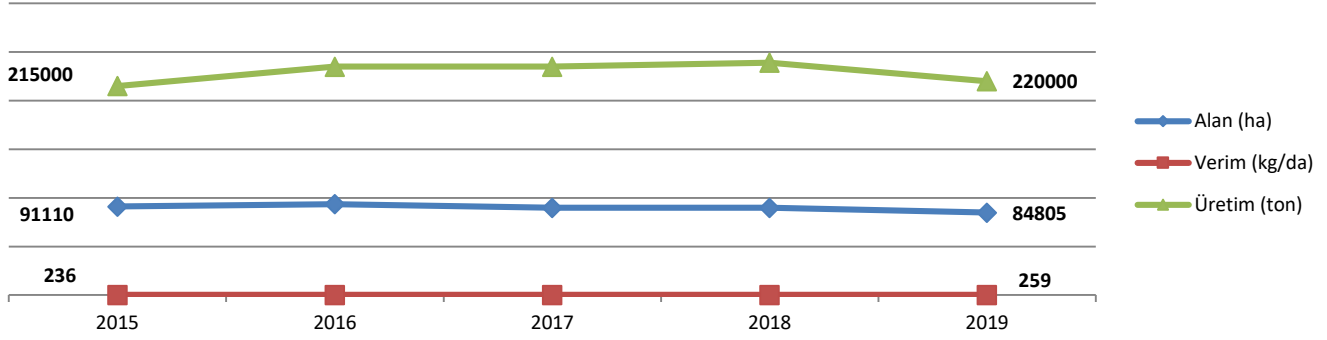
2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bingöl ili merkez ilçesinde kuru fasulye üreten işletmelerin yoğun olduğu; Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü elemanlarının önerileriyle kuru fasulye üretimi ve ekonomik şartlar açısından yöreyi temsil edebilecek köyler gayeli olarak seçilmiştir. Bu bakımdan seçilmiş olan köy sayısı ve bu köylerde kuru fasulye yetiştiriciliği yapılan işletmeler ana kitleyi oluşturmaktadır.



Şekil 1. Dünya kuru fasulye verileri (bin ton)



Şekil 2. Türkiye kuru fasulye verileri (ton)

Anketlerin tamamı gayeli olarak kuru fasulye üreten işletmelerden seçilmiştir. Çalışmanın ikincil verilerini ise; Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü kayıtları ile konu ile ilgili yapılan birçok araştırma, çeşitli kurum ve kuruluşlardan elde edilen veriler oluşturmuştur. Kuru fasulye üretiminin Bingöl İl genelinde yoğun olarak (%36.5) merkez ilçede yapıldığı için araştırma kapsamına merkez ilçesi alınmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Araştırmanın evreni ve örnekleme

Araştırmanın ana kitlesini Bingöl ili merkez ilçesinde kuru fasulye üretim faaliyeti yapan işletmeler oluşturmaktadır. Bu kapsamda Tarım Bilgi Sistemi'ne kayıtlı olan 25 üretici ile tam sayım yöntemine göre anket gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan anketler için T.C. Bingöl Üniversitesi Rektörlüğü Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulundan 33117789/044/34117 sayılı ile etik kurul izni alınmıştır.

2.2.2. Anket aşamasında uygulanan yöntem

Anket aşamasında işletmelerin muhasebe kayıtları tutulmadığından, belirlenen işletmelerle yüz yüze görüşme sağlanmış ve hazırlanan sorular doğrultusunda ucu açık sorular da sorulmuştur. Verilen tüm cevaplar kayıt altına alınmıştır. Bu araştırmada; kuru fasulye üretimi yapılan tarımsal işletmelerin sosyoekonomik özelliklerinin belirlenmesi, işletme faaliyet sonuçlarının hesaplanması amaçlanmıştır. Araştırmada kullanılacak yöntemler; örnekleme ve veri toplama, işletme faaliyet sonuçlarının analizi, olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

2.2.3. Analiz aşamasında uygulanan yöntem

Oluşturulan anket formları kullanılarak kuru fasulye tarımı yapılan tarım işletmelerinden toplanan fiziki ve mali birincil veriler kullanılarak birim ürün maliyeti ortaya konulmuştur. Bu üretim faaliyeti ile ilgili ortalama fiziki ve mali değerler, örnek işletmelerde kullanılan toplam girdi miktarları, ürünlerin toplam ekim alanına bölünerek birim alana ortalama olarak hesaplanmıştır.

Kuru fasulye tarımı yapılan işletmelerinin genel yapısal özelliklerinin değerlendirilmesinde; işletmelerin arazi varlığı ve kullanım durumu, üreticilerin yaşı, eğitimi, işletmelerdeki nüfus ve işgücü varlığı ve kullanımı gibi göstergeler incelenmiştir. İşletmelerde aile işgücü potansiyeli ve kullanım durumu belirlenirken, değişik yaş ve cinsiyetteki işgücünün Erkek İşgücü Birimine (EİB) çevrilmesinde ilgili literatürde Açıl ve Demirci (1984), Erkuş vd. (1995) verilen katsayılar kullanılmıştır.

Kuru fasulye işletmelerinde fiziki girdi kullanımı ile ilgili olarak; üretim faaliyetinin çeşitli aşamalarında kullanılan işgücü; cinsiyet, yaş ve çalışma süreleri dikkate alınarak saptanmıştır. Üretim maliyetinde yer alan işçilik masrafları ise, araştırma yörelerinde geçerli olan işgücü ücretleri esas alınmıştır. İşletmelerde girdi kullanımının analizinde fiilen kullanılan kimyasal gübre, çiftlik gübresi, ilaç, kireç, tohum, fide, fidan, ambalaj materyali, akaryakıt ve yağ miktarları ile bunlar için ödenen bedeller (çiftlik avlusu fiyatları veya pazar fiyatı + satın alma ve taşıma) esas alınmıştır.

Makine çekigücü masraflarının saptanmasında ise üreticilerin kendi makinalarını kullanmaları halinde yerel birim makine kirası fiyatları esas alınmıştır. Araştırmada üretim faaliyetlerinde kullanıldığı tespit edilen aile işgücü ücret karşılıkları, yörelerde geçerli ortalama işgücü ücret düzeyleri esas alınarak hesaplanmıştır.

Genel idare giderleri, masraflar toplamının %3'ü alınarak hesaplanmıştır. Döner sermaye faizi değişen bir masraf olup, üretim faaliyetine yatırılan sermayenin fırsat maliyetini temsil etmektedir. Bu amaçla incelenen üretim dönemi için bitkisel üretim kredi faiz oranının yarısı, üretim masraflarının üretim dönemine yayılmış olduğu süre dikkate alınarak kullanılmıştır. Güneş vd. (1988), Erkuş vd. (1995) ve Kıral vd. (1999) tarafından da benzer bir çalışmada aynı yaklaşım benimsenmiştir.

Üretimde sabit masraflardan biri olan arazi kirası, kira ile tutulan araziler için fiilen ödenen kira bedeli ve mülk arazide ise alternatif kira bedeli olarak hesaba katılmıştır. Üreticilerin fiilen yaptıkları masraflara, sabit giderler (tamir ve bakım, amortisman, faiz, genel idare gideri, kira

veya kira karşılıkları gibi) eklenerek, toplam üretim masrafları ve birim ürün maliyeti hesaplanmıştır. Özçelik vd. (1999) tarafından yapılan çalışmada da maliyet hesaplamasında bu yaklaşım benimsenmiştir.

Kuru fasulye tarımı yapılan işletmelerde ürün satış fiyatları ve gayrisafi üretim değerlerinin hesaplanmasında, çiftçi eline geçen ana ve yan ürünlerin satış fiyatları dikkate alınmıştır. Kuru fasulye tarımı yapılan işletmelerden toplanacak verilerden işletmelerde başarı düzeylerinin değerlendirilebilmesi için, birim alana faaliyetlerin karlılık düzeyleri de ortaya konulacaktır.

Kuru fasulyede birim alana gayrisafi üretim değeri, brüt kar ve saf hasılanın hesaplanmasında; Gayrisafi üretim değeri (GSÜD); işletmelerin tarımsal faaliyet sonucu sağladıkları bitkisel ve hayvansal ürün miktarının çiftçi eline geçen fiyatlarla çarpılması sonucu bulunan değere bitki ve hayvan sermayesindeki üretimin artışıyla eklenmesiyle hesaplanmıştır.

Brüt kar (BK), GSÜD'nden değişen masrafların çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Mutlak kar, dekara gayrisafi üretim değerinden dekara üretim masraflarının çıkarılmasıyla elde edilirken, Nisbi kar ise, gayrisafi üretim değerinin üretim masraflarına oranlanmasıyla elde edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çiftçilerin sosyo-demografik özellikleri

Anket yapılan çiftçilerin yaşları 21 ile 66 arasında değişmekle beraber çiftçilerin ortalama yaşı yaklaşık 42.2 yıl olarak belirlenmiştir (Tablo 1). İlkokul ve ortaokul mezunu olan çiftçilerin oranı %20, lise mezunu olan çiftçilerin oranı %56 ve okuryazar olmayan çiftçilerin oranı ise %4 olarak belirlenmiştir. Anket yapılan işletmelerde üniversite mezunu olan yetiştirici olmadığı belirlenmiştir (Tablo 2). Efeoğlu vd (2016) tarafından Erzurum'da yapılan çalışmada kuru fasulye üreticilerinin büyük bir kısmının (%45.7) 55 yaş ve üstünde olduğu eğitim seviyesinin ise %58.5 oranında ilköğretim mezunu olduğu sonucu belirlenmiştir. Berk (2016) tarafından Türkiye'de 7 ilde (Konya, Karaman, Niğde, Erzincan, Gümüşhane, Isparta ve Çanakkale) yapılan çalışmada kuru fasulye üreticilerinin ortalama yaşı 50.3 ve eğitim seviyesi ise büyük oranda ilkököl mezunu olarak belirlenmiştir. Üçpınar (2016) tarafından Konya ilinde taze fasulye üreticileri ile yapılan çalışmada üreticilerin büyük oranda 15-49 yaş arası grupta

olduğu ve eğitim seviyelerinin ise ilkököl mezunu olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Anket yapılan çiftçilerin yaşı

Tanımlayıcı istatistikler	Yaş
Sayı	25
Ortalama	42.24
Standart sapma varyans	12.3
Minimum	153.440
Maximum	21
	66

Tablo 2. Anket yapılan çiftçilerin eğitim durumu

Eğitim durumu	Sayı	Oran (%)
Okuryazar değil	1	4
İlkokul	5	20
Ortaokul	5	20
Lise	14	56
Üniversite	0	0
Toplam	25	100

3.2. Çiftçilerin ekilen alan varlığı, arazi tasarruf şekli ve üretim şekli

Anket yapılan çiftçilerin %32'si 6 da altında, %56'sı ise 5.01-10 da arasında ekilen alana sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm işletmelerde ekilen alan ortalama 11.3 da olarak hesaplanmıştır. Ekilen alan ortalaması 1. grup işletmelerde 4.31, 2. grup işletmelerde 8.85 ve 3. grup işletmelerde ise 41.3 da olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Ekilen alan ortalamaları arasındaki fark işletme grupları itibarıyla istatistiki olarak anlamlı bulunmuş, 3. grup işletmelerin diğer işletmelere göre daha yüksek ekilen alana sahip oldukları belirlenmiştir. Erzurum'da yürütülen bir çalışmada üreticilerin büyük bir kısmının kuru fasulye ekim alanının 4 da ve altında olduğu belirlenmiştir (Efeoğlu vd., 2016). Türkiye'nin 7 ilinde yapılan çalışmada ortalama kuru fasulye ekim alanı 25.3 da olarak belirlenmiştir (Berk, 2016). Üçpınar (2016) tarafından Konya ilinde taze fasulye üreticileri ile yapılan çalışmada işletme arazisi ortalama 55 da olarak belirlenmiştir. Anket yapılan işletmeler genelinin %95.8'ini kiralık araziler, %4.2'sini ise mülk araziler oluşturmaktadır. 1. grupta yer alan işletmelerde mülk arazi olmadığı, 2. ve 3. grupta yer alan işletmelerde ise %50 oranında eşit olarak mülk arazisi olduğu belirlenmiştir. Arazinin tasarruf şeklinin kira olma oranı 1. grup işletmelerde %34.8, 2. grup işletmelerde %56.5 ve 3. grup işletmelerde ise %8.7 olarak belirlenmiştir (Tablo 4). İşletmelerin tamamının serbest üretim şeklinde çalıştığı belirlenmiştir.

Tablo 3. İşletme grupları itibarıyla ekilen alan değerine ait tanımlayıcı istatistikler

İşletme grupları/Ekilen alan	Sayı	Oran (%)	Ortalama	Standart hata
1. grup (≤5 da)	8	32	4.31 ^a	0.45
2. grup (5.01-10 da)	14	56	8.85 ^a	0.44
3. grup (≥10.01 da)	3	12	41.3 ^b	29.3
Toplam	25	100.0	11.3	3.7
F ve p değeri	6.715 ve 0.005			

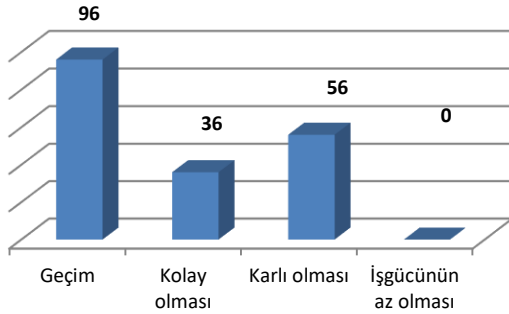
a, b: aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p≤0,05).

Tablo 4. İşletme grupları itibariyle arazi tasarruf şekli arasındaki ilişki

Ekilen alan (da)	Mülk		Kira	
	Sayı	Oran (%)	Sayı	Oran (%)
≤5	0	0	8	34.8
5.01-10	1	50	13	56.5
≥10.01	1	50	2	8.7
Toplam	2 (%4.2)	100	23 (%95.8)	100

3.3. Çiftçilerin kuru fasulye yetiştirme amacı

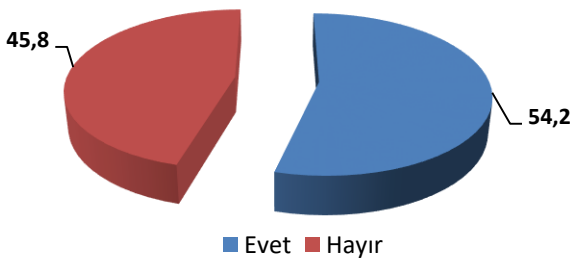
Anket yapılan çiftçilerin kuru fasulye yetiştirme nedenleri Şekil 3'te verilmiştir. Üreticiler en çok geçim amacı olduğu için (%96), karlı olduğu için (%56) ve kuru fasulye üretimi kolay olduğu için (%36) kuru fasulye yetiştirdiklerini ifade etmişlerdir. Ankete katılan hiçbir çiftçi işgücünün az olmasını kuru fasulye yetiştirme amacı olarak görmemektedir.



Şekil 3. Çiftçilerin kuru fasulye yetiştirme amacı (%)
Birden fazla seçenek işaretlendiği için toplam 100'ü geçmektedir.

3.4. Çiftçilerin destek alma durumu, aldıkları destek türü ve destek miktarı

Anket yapılan çiftçilerin %54.2'sinin destek aldığı, %45.8'inin ise destek almadığı sonucu saptanmıştır (Şekil 4).

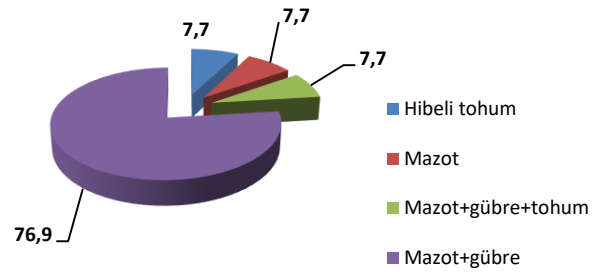


Şekil 4. Çiftçilerin destek alma durumu

Tablo 5. Çiftçilerin aldıkları destek miktarı

İşletme grupları/Ekilen alan	Sayı	Oran (%)	Ortalama (₺)	Standart hata
1. grup (≤5 da)	5	38.4	370	80
2. grup (5.01-10 da)	6	46.3	548.67	210.21
3. grup (≥10.01 da)	2	15.3	490	410
Toplam	13	100	470.92	109.71
F ve p değeri		0.246 ve 0.787		

Ankete katılan çiftçilerin %76,9'unun mazot+gübre desteği aldıkları belirlenmiştir. Hibeli tohum, mazot ve mazot+gübre+tohum desteğini alan çiftçilerin oranı eşit ve %7,7 olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

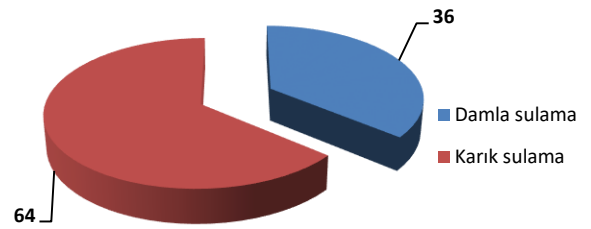


Şekil 5. Çiftçilerin aldığı destek türü (%)

Anket yapılan işletmelerde alınan toplam destek miktarının işletmeler ortalamasında 470.92 ₺ olduğu belirlenirken bu değer 1. gruptaki işletmelerde 370, 2. grup işletmelerde 548.67 ve 3. grup işletmelerde ise 490 ₺ olarak hesaplanmıştır (Tablo 5).

3.5. Sulama ihtiyacının karşılanma durumu

İncelenen işletmelerin %64'ünde kuru fasulyede sulama ihtiyacının karık sulama şeklinde %36'sında ise damla sulama şeklinde karşılandığı tespit edilmiştir (Şekil 6).

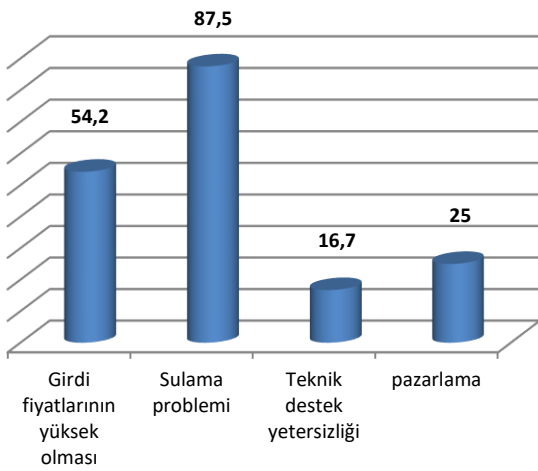


Şekil 6. Sulama ihtiyacının karşılanma durumu

İşletme grupları itibarıyla sulama sayısına bakıldığında işletmeler ortalamasında 9.36 defa sulama yapılırken bu değer 1. grup işletmelerde 8.57, 2. grup işletmelerde 9.92 ve 3. grup işletmelerde ise 8,50 olarak belirlenmiştir (Tablo 6). İşletme grupları itibarıyla sulama sayısı ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

3.6. Çiftçilerin kuru fasulye üretiminde yaşadığı sorunlar

Anket yapılan çiftçilere göre sulama (%87.5), girdi fiyatlarının yüksek olması (%54.2), pazarlama (%25) ve teknik destek yetersizliği (%16.7) kuru fasulye üretiminde sorun oluşturmaktadır (Şekil 7). Efeoğlu vd. (2016) tarafından Erzurum'da yapılan çalışmada üreticilerin sulama maliyeti, işçilik masrafları, ilaç ve gübre temini gibi sorunları olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. Kuru fasulye üretiminin sorunları
Birden fazla seçenek işaretlendiği için toplam 100'ü geçmektedir.

Tablo 6. İşletme gruplarına göre sulama sayısı

İşletme grupları/Ekilen alan	Ortalama	Standart hata
1. grup (≤ 5 da)	8.57	0.64
2. grup (5.01-10 da)	9.92	0.58
3. grup (≥ 10.01 da)	8.50	2.50
İşletmeler ortalaması	9.36	0.44
F ve p değeri	1.137 ve 0.342	

Tablo 7. İncelenen işletmelerde çalıştırılan işçi sayısı ve çalışılan gün sayısı

İşletme grupları/Ekilen alan	İşçi sayısı ortalama	Standart hata	Çalışılan gün sayısı ortalama	Standart hata
1. grup (≤ 5 da)	2.88	1.575	10.25 ^a	1.114
2. grup (5.01-10 da)	5.14	1.630	12.29 ^a	1.269
3. grup (≥ 10.01 da)	7.00	4.359	21.00 ^b	7.550
İşletmeler ortalaması	4.64	1.141	12.6	1.266
F ve p değeri	0.675 ve 0.520		4.015 ve 0.033	

a, b: aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0,05$).

Tablo 8. İncelenen işletmelerde kullanılan tohum ve gübre miktarı (kg/da)

İşletme grupları/Ekilen alan	Ortalama tohum miktarı	Standart hata	Ortalama gübre miktarı	Standart hata
1. grup (≤ 5 da)	2.83 ^a	2.14	5.83	2.20
2. grup (5.01-10 da)	4.5 ^b	2.29	7.92	1.33
3. grup (≥ 10.01 da)	4.5 ^b	2.50	6.50	3.50
İşletmeler ortalaması	3.9	1.61	6.75	1.02
F ve p değeri	9.508 ve 0.001		0.359 ve 0.708	

a, b: aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0,05$).

3.7. İncelenen işletmelerde çalıştırılan işçi sayısı ve çalışılan gün sayısı

İncelenen işletmelerde ortalama 4.64 adet işçi çalıştırıldığı belirlenirken bu değer 1. grup işletmelerde 2.88 adet, 2. grup işletmelerde 5.14 adet ve 3. grup işletmelerde ise 7 adet olarak belirlenmiştir. İşletmelerde ortalama 12.6 gün çalışıldığı belirlenirken bu değer 1. grup işletmelerde 10.25 gün, 2. grup işletmelerde 12.29 gün ve 3. grup işletmelerde 21 gün olarak belirlenmiştir (Tablo 7).

3.8. İncelenen işletmelerde kullanılan tohum ve gübre miktarı (kg/da)

İncelenen işletmeler için ortalama olarak kullanılan tohum miktarının 3.9 kg/da olduğu belirlenirken bu değer 1. grup işletmelerde 2.83, 2. grup ve 3. grup işletmelerde ise 4.5 kg/da olarak belirlenmiştir. 2. grup ve 3. grup işletmelerin istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı ve 1. grup işletmelere göre daha fazla tohum kullandıkları belirlenmiştir. Kullanılan gübre miktarı ortalaması 1. grup işletmeler için 5.83, 2. grup işletmeler için 7.92 ve 3. grup işletmeler için ise 6.50 kg/da olarak hesaplanmıştır. İncelenen işletmeler için kullanılan gübre miktarı ortalama 6.75 kg/da olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

3.9. İncelenen işletmelerde kullanılan ilaç ve gübre türü ve miktarları

İncelenen işletmelerin tamamında çiftlik gübresi kullanıldığı belirlenmiştir. Üreticiler çiftlik gübresini taban gübresi olarak kullandıklarını ifade etmişlerdir. Üreticilerin %72'sinin ilaç kullanmadığı, %28'inin ise ilaç kullandığı belirlenmiştir. İlaç kullanan üreticilerin tamamı kül ve yeşil böcek için ilaç kullandıklarını ifade etmişlerdir.

3.10. İncelenen işletmelerde verim, üretim, satılan miktar ve satış fiyatına ait tanımlayıcı değerler

İncelenen işletmelerde ortalama verim miktarı 143.28 kg/da olarak belirlenir iken 1. grup işletmelerde bu değer 128.33, 2. grup işletmelerde 149.64 ve 3. grup işletmelerde ise 151.88 kg/da olarak hesaplanmıştır. İşletme grupları itibarıyla incelendiğinde ortalama verim miktarının ekim alanı arttıkça arttığı belirlenmiş fakat bu durumun istatistiki olarak önemli olmadığı sonucu saptanmıştır. Kuru fasulye ekim alanının artmasıyla veriminde arttığı sonucu Efeoğlu vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada da ortaya konulmuştur.

Ortalama üretim miktarı işletmeler ortalamasında 2352.32 kg/da olarak belirlenirken bu değer 1. grup işletmelerde ortalama 681.25, 2. grup işletmelerde

1315.71 ve 3. grup işletmelerde ise 5060 kg/da olarak hesaplanmıştır. İşletme grupları itibarıyla incelendiğinde ortalama üretim miktarının işletme alanı arttıkça arttığı belirlenmiş ve bu durumun istatistiki olarak önemli olduğu sonucu saptanmıştır. 3. grupta yer alan işletmelerde 1. grup ve 2. gruptaki işletmelere göre ortalama üretim miktarı daha yüksektir. İncelenen işletmelerde kuru fasulyenin büyük oranda satıldığı ve işletmeler ortalamasında satılan miktarın 2000.47 kg/da olduğu belirlenmiştir. 1. grup ve 2. grupta yer alan işletmeler istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve ortalama satılan miktarlar sırasıyla 617.5 ve 1083.93 kg/da olarak hesaplanmıştır. 3. grupta yer alan işletmelerde ise satılan miktar ortalama 4300 kg/da olarak diğer işletmelerden oldukça yüksek olarak bulunmuştur (Tablo 9). Berk (2016) yürütmüş olduğu çalışmada Türkiye'de 7 il için kuru fasulye verimini ortalama 244.4 kg/da olarak belirlemiştir.

Tablo 9. İncelenen işletmelerde verim, üretim, satılan miktar ve satış fiyatına ait tanımlayıcı değerler

İşletme grupları/Ekilen alan	Ortalama verim miktarı	Standart hata	Ortalama üretim miktarı	Standart hata	Ortalama satılan miktar	Standart hata
1. grup (≤5 da)	128.33	12.7	681.25 ^a	97.8	617.5 ^a	86.9
2. grup (5.01-10 da)	149.64	7.04	1315.71 ^a	78.1	1083.93 ^a	73.1
3. grup (≥10.01 da)	151.88	4.41	5060 ^b	3470	4300 ^b	2850.1
İşletmeler ortalaması	143.28	5.70	2352.32	442.8	2000.47	368.5
F ve p değeri	0.795 ve 0.464		6.515 ve 0.006		6.882 ve 0.005	

a, b: aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).

Tablo 10. İncelenen işletmelerde üretim masraflarının dağılımı

Üretim işlemleri/işletme grupları	≤5 da		5.01-10 da		≥10.01 da		İ. Ort.	
	₺	%	₺	%	₺	%	₺	%
Toprak Hazırlığı								
Birinci sürüm	60.03	3.7	60.04	3.75	60.04	3.7	60	3.75
İkinci sürüm	30.01	1.8	30.02	1.8	30.20	1.8	30	1.8
Üçüncü sürüm	30.01	1.8	30.02	1.8	30.20	1.8	30	1.8
Ekim veya dikim	15.95	0.9	16.80	1	69.20	0.9	33.67	1
Bakım								
Gübreleme	11.25	0.69	11.25	0.6	11.25	0.69	11.25	0.6
Çapalama	120.06	7.4	120.09	7.5	120.09	7.4	120	7.5
Sulama	77.3	4.7	59.7	3.6	22.05	4.7	27.25	3.6
İlaçlama	3.86	0.23	5.81	0.3	4.49	0.23	7.63	0.3
Hasat Harman								
Hasat (biçme)	1025.59	63.4	1025.82	64	1033.31	63.4	1025	64
Taşıma	10	0.6	10	0.6	2.74	0.6	6.81	0.6
Döner Sermaye Faizi	69.20	4.2	68.47	4.2	69.17	4.2	69.73	4.2
A) Değişen Masraflar Toplamı	1453.26	89.9	1438.02	89.8	1452.74	89.9	1447.43	89.8
Genel idare gideri (A*%3)	43.59	2.6	43.14	2.6	43.58	2.6	43.93	2.6
Tarla kirası	120	7.4	120	7.5	120	7.4	120	7.5
B) Sabit Masraflar Toplamı	163.59	10	163.14	10.1	163.58	10	163.43	10.1
C) Üretim Masrafları Toplamı (A+B)	1616.85	100	1601.16	100	1616.32	100	1611.44	100
D) Kuru Fasulye Verimi (kg/da)	151.88		149.64		128.33		147.80	
E) Kuru Fasulye Satış Fiyatı (₺/kg)	19.85		19.03		16.66		18.97	
F) Gayri Safi Üretim Değeri (₺/da) (D*E)	3014.81		2847.64		2137.97		2666.80	
Kg Başlı Kuru Fasulye Üretim Maliyeti (ÜM/D)		10.64		10.70		12.5		11.01

İ. Ort.: İşletmeler ortalaması

3.11. İncelenen işletmelerde kuru fasulye üretiminin ekonomik analizi

İncelenen işletmelerde işletmeler ortalaması için toplam değişen masraflar 1447.43 ₺ olarak hesaplanmış ve toplam masraflar içindeki oranı ise yaklaşık olarak %89.8 olarak belirlenmiştir. Sabit masraflar toplamı ise ortalama 163.43 ₺ olarak hesaplanmış ve toplam masraflar içinde %10 pay aldığı belirlenmiştir. Değişen masraflar içinde hasat ve çapalama masraflarının payının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. İncelenen işletmelerde Gayri Safi Üretim Değeri (GSÜD) 1. gruptaki işletmeler için 3014.81, 2. gruptaki işletmeler için 2847.64 ve 3. gruptaki işletmeler için ise 2137.97 ₺ olarak hesaplanmıştır. GSÜD değeri işletmeler ortalamasında 2666.80 ₺ olarak hesaplanmıştır. Kg başı kuru fasulye üretim maliyeti 1. grup işletmelerde 10.64, 2. grup işletmelerde 10.70, 3. grup işletmelerde 12.5 ve işletmeler ortalamasında ise 11.01 ₺ olarak bulunmuştur (Tablo 10). Berk (2016) yürütmüş olduğu çalışmada Türkiye’de 7 il için gayrisafi üretim değerini ortalama 1442 ₺/da, üretim masraflarını ise 663 ₺/da olarak belirlemiştir. Konya ilinde taze fasulye üreticileriyle yapılan çalışmada; GSÜD 2877.54, değişen masraflar 949.30, brüt kar 1928.24, üretim masrafları 1530.12 ve net kar ise 1347.42 ₺/da olarak belirlenmiştir. 1 kg ürün maliyeti ise 0.76 ₺ olarak hesaplanmıştır (Üçpınar 2016).

3.12. İncelenen işletmelerin karlılık durumu

İncelenen işletmeler için brüt kar; 1. grup işletmelerde 1561.55, 2. grup işletmelerde 1409.62, 3. grup işletmelerde 685.23 ve işletmeler ortalamasında ise 1339.33 olarak bulunmuştur. Net kar; 1. grup işletmelerde 1397.96, 2. grup işletmelerde 1246.48, 3. grup işletmelerde 521.65 ve işletmeler ortalamasında ise 1175.4 olarak hesaplanmıştır. 1 kg ürün net kârı; 1. grup işletmelerde 9.21, 2. grup işletmelerde 8.33, 3. grup işletmelerde 4.16 ve işletmeler ortalamasında ise 7.96 olarak hesaplanmıştır (Tablo 11). Türkiye’de 7 ilde yapılan çalışmada brüt kar 919.9 ₺/da ve 1 kg kuru fasulyenin üretim maliyeti ise 2.7 ₺ olarak hesaplanmıştır (Berk, 2016).

Tablo 11. İncelenen işletmelerin karlılık durumu

Karlılık Durumu	İşletme grupları			
	≤5 da	5.01-10 da	≥10.01 da	İ. Ort.
Gayrisafi Üretim Değeri (₺/da)	3014.81	2847.64	2137.97	2666.80
Değişen Masraflar (₺/da)	1453.26	1438.02	1452.74	1447.43
Üretim Masrafları Toplamı (₺/da)	1616.85	1601.16	1616.32	1611.44
Brüt Kâr (₺/da)	1561.55	1409.62	685.23	1218.8
Net Kâr (₺/da)	1397.96	1246.48	521.65	1055.36
Verim (kg/da)	151.88	149.64	128.33	143.28
1 kg Ürün Maliyeti (₺/kg)	10.64	10.70	12.5	11.01
1 kg Ürün Fiyatı (₺/kg)	19.85	19.03	16.66	18.97
1 kg Ürün Net Kârı (₺/kg)	9.21	8.33	4.16	7.96

4. Sonuç

Anket yapılan üreticilerin genel olarak aktif nüfus olarak tarif edilen 15-49 yaş grubunda yer aldığı ve eğitim seviyesinin ise ilkököl ve lise arasında olduğu sonucu saptanmıştır.

Türkiye’de işletme başına düşen arazi genişliği 59.92 da’dır. Türkiye ortalamasına göre incelenen işletmelerde arazi genişliği yetersizdir. Bu durum araştırma bölgesinde geçimlik tarım işletmelerinin yaygın olmasından kaynaklanmaktadır.

Anket yapılan işletmeler genelinde mülk arazinin oranı %4.2, kira arazisinin oranı ise %95.8 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin tamamının serbest üretim şeklinde çalıştığı belirlenmiştir.

Anket yapılan çiftçilerin kuru fasulye yetiştirme amaçlarına bakıldığında; geçim amacı %96, kolay olması %36, karlı olması %56 olarak belirlenmiştir. Ankete katılan hiçbir çiftçi işgücünün az olmasını kuru fasulye yetiştirme amacı olarak görmemektedir.

Anket yapılan çiftçilerin %54.2’sinin destek aldığı, %45.8’inin ise destek almadığı sonucu saptanmıştır. Çiftçilerin %76.9’unun mazot+gübre desteği aldıkları belirlenmiştir. Hibeli tohum, mazot ve mazot+gübre+tohum desteğini alan çiftçilerin oranı eşit ve %7.7 olarak belirlenmiştir. Anket yapılan işletmelerde alınan toplam destek miktarının işletmeler ortalamasında 470.92 ₺ olduğu belirlenmiştir.

İncelenen işletmelerin %64’ünde kuru fasulyede sulama ihtiyacının karık sulama şeklinde %36’sında ise damla sulama şeklinde karşılandığı tespit edilmiştir. İşletme grupları itibarıyla sulama sayısına bakıldığında işletmeler ortalamasında 9.36 defa sulama yapıldığı belirlenmiş ve işletme grupları itibarıyla sulama sayısı ortalamaları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Anket yapılan çiftçilere göre kuru fasulye üretiminin %87.5 oranında sulama, %54.2 oranında girdi fiyatlarının yüksek olması, %25 oranında pazarlama ve %16.7 oranında ise teknik destek yetersizliği gibi sorunları olduğu belirlenmiştir. Sermayenin düşük olması ve tarımsal kuruluşların yetersizliği gibi sorunlar anket yapılan çiftçiler tarafından işaretlenmemiştir.

İncelenen işletmeler ortalamasında 4.64 adet işçi ile 12.6 gün çalışıldığı belirlenmiştir. İşçi sayısı ortalamaları arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Çalışılan gün sayısı ortalamalarının işletme grupları itibarıyla farklı olduğu 3. Grup işletmelerde diğer işletmelere göre daha fazla gün çalışıldığı belirlenmiştir. İncelenen işletmelerin tamamında çiftlik gübresi kullanıldığı belirlenmiştir. Üreticiler çiftlik gübresini taban gübresi olarak kullandıklarını ifade etmişlerdir. Üreticilerin %72'sinin ilaç kullanmadığı, %28'inin ise ilaç kullandığı belirlenmiştir. İlaç kullanan üreticilerin tamamı kül ve yeşil böcek için ilaç kullandıklarını ifade etmişlerdir.

İncelenen işletmelerde ortalama verim miktarı 143.28 kg/da olarak belirlenir iken işletme grupları itibarıyla incelendiğinde ortalama verim miktarının ekim alanı arttıkça arttığı belirlenmiş fakat bu durumun istatistiki olarak önemli olmadığı sonucu saptanmıştır.

İncelenen işletmelerde işletmeler ortalaması için toplam değişen masraflar 1464.43 ₺ olarak hesaplanmış ve toplam masraflar içindeki oranı ise yaklaşık olarak %89.8 olarak belirlenmiştir. Sabit masraflar toplamı ise ortalama 163.93 ₺ olarak hesaplanmış ve toplam masraflar içinde %10 pay aldığı belirlenmiştir. Değişen masraflar içinde hasat ve çapalama masraflarının payının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. İncelenen işletmelerde Gayri Safi Üretim Değeri (GSÜD) işletmeler ortalamasında 2803.76 ₺ olarak hesaplanmıştır. Kg başı kuru fasulye üretim maliyeti işletmeler ortalamasında 11.01 ₺ olarak bulunmuştur.

İncelenen işletmeler için ortalama brüt kar; 1218.8, net kar; 1055.36 ve 1 kg ürün net kârı; ise ise 7.96 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma sonucunda; kuru fasulye üreticilerinin üretimden piyasaya arz noktasına kadar girdi fiyatlarının yüksek olması, sulamada yaşanan problemler, teknik destek yetersizliği ve pazarlama gibi birçok sorunlarının olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple; girdi noktasında verilecek desteklerle, bölgedeki sulama suyunun iyileştirilmesi, teknik destek eğitimleri ve pazarlama noktasındaki kurum ve kuruluşların çalışmalarıyla üreticilerin sorunlarının çözülmesi, hak ettikleri geliri elde edebilmeleri ve ürünlerini daha da iyi bir değerden satabilmeleri için gerekli desteklerin sağlanması gerekir. Böylece Bingöl hem ekonomik hem kırsal kalkınma anlamında daha güçlenerek kuru fasulyenin ulusal ve uluslararası piyasalarda daha fazla tanınması sağlanacak ve böylece yaşlıların

yürüttükleri tarımsal hobi anlayışından, daha etkin bir üretim ve pazarlama konseptine vardıkça, kalkınma etkilerinin daha fazla olacağı ileri sürülebilir.

Teşekkür

Çalışmanın anket aşamasında destek veren Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarla bitkileri 4. Sınıf öğrencisi Hazel Gökdere'ye teşekkür ederiz.

Yazar Katkı Oranları

Mehmet Ayçiçek: Doğrulama/İnceleme ve Düzenleme;
Ersin Karakaya: Araştırma/Orijinal Taslak Yazımı.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Araştırmada kullanılan anketler için T.C. Bingöl Üniversitesi Rektörlüğü Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulundan 33117789/044/34117 sayı ile etik kurul izni alınmıştır.

Kaynakça

- Açıl, A. F. (1976). Tarımsal Ürün Maliyetlerinin Hesaplanması Ve Memleketimizde Tarımsal Ürün Maliyetlerindeki Gelişmeler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 665. II. Baskı. Ankara.
- Açıl, A. F., & Demirci, R. (1984). Tarım Ekonomisi Dersleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 880, Ankara.
- Berk, A. (2016). Türkiye'de kuru fasulye üreten işletmelerin ekonomik analizi ve etkinliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çevik, M. (2021). Kuru fasulyede rekor üretim. *Türk Tarım Ve Orman Dergisi, Eylül-Ekim 2021*, 34-38.
- Çiçek, A., & Erkan, O. (1996). Tarım Ekonomisinde Araştırma Ve Örneklem Yöntemleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 12, Ders Notları Serisi No: 6, Tokat
- Efeoğlu, R., Aydemir, A. F., & Emsen, Ö. S. (2016). İspir fasulyesinin üretim-piyasaya arz süreçlerinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20(3)*, 985-1002.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kırıl, T., Açıl, A. F., & Demirci, R. (1995). Tarım Ekonomisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma Ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 5, Ankara.
- FAO, (2019). Erişim adresi <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- FAO, (2021). Erişim adresi <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

- Güneş, T., & Arıkan, R. (1988). Tarım Ekonomisi İstatistiği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1049, Ders Kitabı: 305, Ankara.
- Kanat, Z. (2021). Kuru Fasulye. Tarım ürünleri piyasaları. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Erişim adresi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>
- Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F. F., Fidan, H., & Gündoğmuş, E. (1999). Tarımsal Ürünler İçin Maliyet Hesaplama Metodolojisi Ve Veri Tabanı Rehberi, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayın No:37, Ankara.
- Olçay, N., Bayhan A. K., & Gökdoğan, O. (2016). Karaman İlinde Kuru Fasulye Yetiştiriciliğinde Mekanizasyon Girdi ve Maliyetlerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(Ek Sayı), 42-51.
- Önder, M., Ateş, M. K., Kahraman, A., & Ceyhan, E. (2012). Konya ilinde fasulye tarımında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 143-148.
- Özçelik, A., Turan, A., & Tanrıvermiş, H. (1999). Türkiye’de Tarımın Pazara Entegrasyonunda Sözleşmeli Tarım ve Bu Modelin Sürdürülebilir Kaynak Kullanımı İle Üretici Geliri Üzerine Etkileri, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayın No:14, Ankara.
- Özel, R., & Gül, A., (2010). *Türkiye’de Kırmızı Mercimek Üretim Ekonomisi*. Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi. Eylül 22-24, Şanlıurfa, 151-158.
- TEPGE, (2021). Kuru fasulye, Ocak-2021, Tarım ürünleri piyasa raporu. Erişim adresi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>
- TÜİK, (2020). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi www.tuik.gov.tr
- Üçpınar, F. (2016). Konya ili derbent ilçesi taze fasulye üretimi yapılan tarım işletmelerinin ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Limon'da (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) Hasat Sonrası Hastalıklara Karşı Antifungal Aktiviteye Sahip Antagonist Bakterilerin Taranması

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 139-147, 2022

Nasibe TEKİNER AYDIN*¹, Elif TOZLU², Recep KOTAN²

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 139-147, 2022

Öz: Bu çalışma, limon meyvesinde hasat sonrası kayıplara neden olan farklı fungal etmenlere karşı biyolojik mücadele etmeni olabilecek bakterileri belirlemek amacıyla in vitro koşullarda yürütülmüştür. Bu amaçla, hastalıklı limon meyvelerinden izolasyonlar yapılmış, izolasyonlar sonucu üç farklı cins ait fungus türü izole edilmiş, patojenite testleri yapılmış ve moleküler tanı sonuçlarına göre bu izolatların *Alternaria alternata* (ET 119), *Colletotrichum gleosporoides* (ET 120) ve *Penicillium chrysogenum* (ET 121) olduğu tespit edilmiştir. Patojen fungus izolatlarına karşı sekiz farklı cins ait otuz altı adet antagonist bakteri izolatının yüzde engelleme oranları ikili kültür testi ile tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üç patojen izolata karşı en yüksek etki TV 53D (%67.46: *Brevibacillus choshinensis*) izolatında saptanırken, bu izolati sırasıyla TV 16F (%66.27: *Bacillus subtilis*) ve FDG 37 (%62.30: *Pseudomonas fluorescens*) izolatları takip etmiştir. En etkili sonuç alınan antagonist bakteri izolatları ile gelecekte kontrollü şartlarda daha detaylı çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antifungal aktivite, *Bacillus subtilis*, antagonist bakteri, biyolojik mücadele, *Pseudomonas fluorescens*

Screening of Antagonist Bacteria with Antifungal Activity Against Postharvest Diseases on Lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.f.)

Abstract: This study was carried out in vitro conditions to determine the bacteria biological control agents of against different fungal agents causing postharvest losses in lemon fruit. For this purpose, isolations were made from diseased lemon fruits, as a result of isolations three different fungal species were isolated, pathogenicity tests were carried out and according to the results of molecular diagnosis, these isolates were found to be *Alternaria alternata* (ET 119), *Colletotrichum gleosporoides* (ET 120) and *Penicillium chrysogenum* (ET 121). Percent inhibition rate of thirty-six antagonist bacterial isolates belonging to eight different genera against pathogenic fungus isolates was determined by dual culture test according to a randomized plot experiment design with 3 replications. According to the results obtained, the highest effect against the three pathogen isolates was detected in TV 53D (67.46%: *Brevibacillus choshinensis*), this isolate was followed by TV 16F (66.27%: *Bacillus subtilis*) and FDG 37 (62.30%: *Pseudomonas fluorescens*) isolates, respectively. More detailed studies should be carried out in the future under controlled conditions with the most effective antagonist bacterial isolates.

Keywords: Antifungal activity, *Bacillus subtilis*, antagonist bacteria, biological control, *Pseudomonas fluorescens*

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
nasibetekiner@artvin.edu.tr

Alınış (Received): 20/09/2022
Kabul (Accepted): 07/10/2022

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Ali Nihat Gökyiğit Botanik Bahçesi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Artvin, Türkiye.

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye.

1. Giriş

Turunçgiller, dünyada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan önemli meyvelerdir (Liu vd., 2012). Ana vatanı Çin, Güneydoğu Asya ve Hindistan olan turunçgillerin subtropik iklimlere sahip 137'den fazla ülkede yetiştiriciliği

yapılmaktadır (Papoutsis vd., 2019). FAO verilerine göre, dünyada yaklaşık 150 milyon ton dolayında gerçekleştirilen turunçgil üretiminin %8'ini oluşturulan limon (Anonim, 2020), yıl boyunca büyümeyi sürdüren, kışın yapraklarını dökmeyen bir ağaç türüdür (Karahocagil

vd., 2003). Limon meyvesi, sahip olduğu besin içerikleri ile insan sağlığında önemli bir yere sahip olup doğrudan veya dolaylı olarak gıda ve kozmetik sektöründe kullanılmaktadır (Akgün, 2006). Limon, hasat öncesinden tüketiciye ulaşana kadar birçok abiyotik ve biyotik faktörlerden kaynaklı kalite ve kantite yönünden kayıplar ile karşı karşıya kalmaktadır (Benli, 2003). Bu biyotik faktörlerden dolayı en fazla kayıp ise *Penicillium spp.* (mavi ve yeşil çürüklük), *Geotrichum citri-aurantii* (ekşi çürüklük), *Rhizopus stolonifer* (yumuşak çürüklük), *Aspergillus niger* (*Aspergillus* çürüklüğü), *Alternaria alternata* (*Alternaria* siyah çürüklük), *Colletotrichum gloeosporioides* (antraknoz), *Botrytis cinerea* (Gri küf), *Lasiodiplodia theobromae* (kök ucu çürüklüğü), *Phytophthora spp.* (Kahverengi çürüklük) gibi fungal hastalık etmenlerinden kaynaklanmaktadır (Eckert ve Eaks, 1989; Brown ve Eckert, 2000; Barkai-Golan, 2001; Akimitsu vd., 2003; Smilanick vd., 2006; Palou, 2014). Bu kayıpları azaltmak için sentetik fungusitler (imazalil, thiabendazole, pyrimethanil, sodium ortho-phenylphenate, fludioxonil, azoxystrobin) kullanılsa da (Eckert, 1989; Ismail ve Zhang, 2004; Kinay vd., 2007; Mohammadi vd., 2017) fungusitlerin meyve üzerinde kalıntı, patojende direnç gelişimi ve zamanla ilacın etkisinin azalması, toprağa ve çevreye zarar vermesi, hayvanların ve insanların sağlığına toksik etki meydana getirmesi gibi birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır (Droby vd., 2016; Ruffo Roberto vd., 2019). Sayılan olumsuzluklar mücadelede alternatif olarak çevre dostu mücadele yöntemlerinin geliştirilmesini ihtiyaç haline getirmiştir (Palou vd., 2008; Schirra vd., 2011; Romanazzi vd., 2017). Hasat sonrası patojenlerin neden olduğu kayıpları azaltmaya yönelik farklı yaklaşımlar arasında biyolojik mücadele etmeni mikroorganizmaların kullanılmasının (Liu vd., 2013; Ab Rahman vd., 2018; Dukare vd., 2011, 2019) fungusitlere göre kalıntı bırakmaması, çevre dostu, kolay ve daha güvenli uygulanabilmesi gibi avantajlara sahip olduğu çalışmalarla ortaya konulmuştur (Bonaterra vd., 2012). Son yıllarda da, bakteriler, funguslar ve mayalar gibi birçok mikroorganizma hasat sonrası hastalıkları önlemek için biyolojik mücadele etmeni olarak tanımlanmıştır (Janisiewicz ve Korsten, 2002; Karabulut vd., 2004; Kotan vd., 2009; Liu vd., 2011; Ketabchi vd., 2012; Elshafie vd., 2012; El-Mabrok vd., 2012; Forner vd., 2013; Mohammadi, 2014; Wang vd., 2018). Bu çalışmada ülkemiz topraklarından izole edilmiş, farklı bitki hastalık ve zararlılarına karşı etkililikleri test edilmiş, epifitik veya endofitik bakterilerin limon meyvesinde hasat sonrası hastalık oluşturan üç farklı fungus izolata karşı *in vitro* koşulda etkililiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Hastalıklı bitki materyalleri ve biyolojik mücadele etmeni bakteriler

Mersin, Merkez ilçesi meyve halinden alınan hastalıklı limon (*Citrus limon*) meyveleri çalışmanın bitkisel

materyalini oluşturmuştur. Ayrıca, çalışmada Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Bitki Klinik Laboratuvarı Mikroorganizma Kültür Koleksiyonu'nda muhafaza edilen ve farklı çalışmalarda antifungal etkileri farklı hastalıklara karşı test edilmiş olan antagonist bakteri izolatları da canlı materyal olarak kullanılmıştır (Tablo 1).

2.2. Patojenlerin izolasyonu

Hastalıklı limon meyveleri buz kutusu içerisinde laboratuvara getirilmiş (Şekil 1) ve laminar flow kabinde %70'lik etil alkol ile 3 dakika (dk) yüzeysel sterilizasyona tabi tutulmuştur. Hastalıklı ve sağlıklı dokuyu içerecek şekilde alınan parçalar Patates Dextroz Agar (PDA; Difco) besiyeri içeren petrilere (90 mm) aktarılmıştır. Petri kapları 28 °C'de 5 gün boyunca inkübe edilmiş ve gelişen funguslardan saflaştırma işlemi yapılmıştır. Saflaştırılan fungus örnekleri PDA içeren eğik agar ortamına alınarak +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

2.3. Patojenite testi

PDA besi yerinde geliştirilen saf fungus kolonilerinden cork borer yardımıyla alınan 6 mm misel disk parçaları %70 etil alkol ile 3 dk yüzeysel sterilizasyona tabi tutulmuş olan hastalısız limon meyvelerinin yüzeyinde açılan yaraya yerleştirilmiştir. Daha sonra uygulama yapılan limonların yara yüzeyinin etrafı parafilm ile sarılarak tabanına steril nemli kurutma kağıdı serilen plastik kutulara (7 l) yerleştirilmiş, oda sıcaklığında 12 saat aydınlık/12 saat karanlık ortamda 15 gün boyunca simptom oluşumu takip edilmiştir. Kontrol olarak ise steril PDA diski yara yerine yerleştirilmiş ve parafilm ile sarılmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Limon meyveleri yüzeyindeki bozulma ve fungus gelişimi pozitif olarak değerlendirilmiş ve bu örneklerden reizolasyon yapılarak Koch postulatları tamamlanmıştır.

2.4. Fungusların moleküler tanılanması

Patojen fungusların tür düzeyinde tanımlarını yapabilmek için moleküler tanı yönteminden faydalanılmıştır. PDA besi yerine ekilen funguslar 7 gün inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonrasında bir öze dolusu fungus miseli alınarak PureLink® Genomic DNA Mini Kit ile ürün talimatları doğrultusunda genomik DNA izolasyonu yapılmıştır. Elde edilen DNA'ların saflığı açısından %1'lik agaroz jel'de 75 V'da 45 dk boyunca yürütülerek değerlendirilmiş ve varlığı gösterilmiştir. Patojen fungusların tanımlaması için 18S rDNA'nın korunmuş ITS bölgesi ITS1-ITS4 primerleri kullanılarak çoğaltılmıştır (White vd., 1990). Toplam reaksiyon hacmi 50 µl olacak şekilde (Saf su 32.5 µl; Buffer 5 µl; MgCl₂ 3 µl; dNTP 3 µl; Primer (F) 2 µl; Primer (R) 2 µl; DNA 2 µl; Taq DNA Polimeraz 0.5 µl) 0,2 ml'lik Polimeraz Zincir Reaksiyon (PZR) tüpüne konulmuş ve belirtilen şartlarda (95 °C 2 dk; 95 °C 30 sn; 56 °C 1 dk; 72 °C 1 dk; 72 °C 10 dk; 35 döngü) çoğaltım yapılmıştır. Amplifiye edilmiş PZR ürünü sekans için ticari bir firma aracılığıyla DNA dizi analizi

yaptırılmıştır. Analiz sonucu BLASTN 2.2.26+ programı kullanılarak GenBank'ta bulunan ribozomal sekanslar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve sekans sonucu GenBank'ta depolanmıştır.

2.5. İkili kültür testi

Biyolojik mücadele etmenlerinin *in vitro* koşullarda etkinlikleri Tozlu vd. (2018)'e göre belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, 20 ml PDA besiyeri içeren (90 mm) petri kabının tam ortasına 6 mm çapında patojen fungusların saf kültürlerinden alınan fungal disk yerleştirilmiş, etrafına ise steril swap ile antagonist bakteri kültürleri çizilmiştir. Petri kapları 27°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Sadece patojen

fungusların uygulandığı kontrol petrilerinde patojen miselleri tüm petri yüzeyini kapladığında fungusun radyal gelişimi mm olarak ölçülerek kaydedilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve patojen fungus kolonisinin gelişiminin yüzde engellenme oranı (YEO) Wang vd. (2012)'in formülüne (1) göre hesaplanmıştır.

$$YEO (\%) = (C-T) \times 100 / (C-6) \quad (1)$$

C: Kontrol petrisi patojenin çapı (mm), T: Bakteri uygulamasında patojenin koloni çapı (mm), 6: Patojen disk çapı (mm).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan biyolojik mücadele etmeni bakterilerin mikrobiyal identifikasyon sistemi (MIS) ve moleküler tanı sonuçları

İzolat	MIS Tanı	Benzerlik İndeksi	Moleküler Tanı	Erişim No	Literatür
KBA 10	<i>Bacillus megaterium</i>	0.490	-	-	Karagöz ve Kotan, 2010
M 3	<i>Bacillus megaterium</i>	0.741	-	-	Kotan vd., 2009
TV 3D	<i>Bacillus megaterium</i>	0.563	-	-	Ekinci vd., 2014
TV 6D	<i>Bacillus megaterium</i>	0.750	-	-	Erman vd., 2010
TV 20E	<i>Bacillus megaterium</i>	0.519	-	-	Aktaş, 2015
TV 13C	<i>Bacillus megaterium</i>	0.595	-	-	Erman vd., 2010
TV 49A	<i>Bacillus megaterium</i>	0.577	<i>Bacillus pumilus</i>	MK224502	Tekiner vd., 2019a
TV 87A	<i>Bacillus megaterium</i>	0.467	<i>Bacillus amyloliquafaciens</i>	MN507862	Erman vd., 2010
TV 16F	<i>Bacillus subtilis</i>	0.831	-	-	Erman vd., 2010
OSU 142	<i>Bacillus subtilis</i>	0.450	-	-	Karakurt vd., 2011
TV 6F	<i>Bacillus subtilis</i>	0.831	-	-	Erman vd., 2010
TV12H	<i>Bacillus subtilis</i>	0.744	<i>Bacillus amyloliquafaciens</i>	KY773617	Aktaş, 2015
TV 13B	<i>Bacillus subtilis</i>	0.687	-	-	Gökçe ve Kotan, 2016
TV 17C	<i>Bacillus subtilis</i>	0.677	<i>Bacillus amyloliquafaciens</i>	JQ765436	Ekinci vd., 2014
BRTB	<i>Bacillus subtilis</i>	0.663	-	-	Bu çalışmada
İK 39	<i>Bacillus pumilus</i>	0.610	-	-	Dadaşoğlu ve Şahin 2010
TV 67C	<i>Bacillus pumilus</i>	0.630	-	-	Erman vd., 2010
TV 73A	<i>Bacillus pumilus</i>	0.650	-	-	Erman vd., 2010
TV 30D	<i>Bacillus cereus</i>	0.220	-	-	Aktaş, 2015
TV 85D	<i>Bacillus cereus</i>	0.114	<i>Bacillus velezensis</i>	MK224503	Erman vd., 2010
IA 1	<i>Bacillus cereus</i>	0.080	-	-	Bu çalışmada
Jumbo A	<i>Bacillus atrophaeus</i>	0.465	<i>Bacillus subtilis</i>	MN493121	Şahinoglu, 2019
TV 15B	<i>Bacillus atrophaeus</i>	0.468	-	-	Mohammadi, 2018
PM 18	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	0.205	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	MN493122	Mohammadi, 2018
İK 37	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	0.890	-	-	Dadaşoğlu ve Şahin, 2010
TV 11D	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.711	-	-	Erman vd., 2010
FDG 37	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.222	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> subsp. <i>aureofaciens</i>	NR114473	Güneş vd., 2015
TV 42A	<i>Pseudomonas putida</i>	0.113	-	-	Erman vd., 2010
RK 84	<i>Pantoea agglomerans</i>	0.718	-	-	Ekinci vd., 2015
RK 92	<i>Pantoea agglomerans</i>	0.889	-	-	Ekinci vd., 2015
TV 53D	<i>Brevibacillus choshinensis</i>	0.689	-	-	Erman vd., 2010
FD 1	<i>Brevibacillus brevis</i>	0.625	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Tozlu vd., 2011
T 26	<i>Paenibacillus macerans</i>	0.665	-	-	Tekiner vd., 2019a
A 16	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	0.786	-	-	Mohammadi vd., 2017
TV 14C	<i>Kocuria rosea</i>	0.695	-	-	Mohammadi, 2018
TV 113C	<i>Kluyvera cryocrescens</i>	0.688	-	-	Tekiner vd., 2019a

ET 119



ET 120



ET 121



Şekil 1. İzolasyon yapılan hastalıklı limon meyveleri

2.6. İstatistiki analiz

Çalışma sonucu elde edilen veriler JMP 5.0.1 paket istatistik analiz programı kullanılarak analiz yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LS Means Student's testine göre $P < 0.01$ önem seviyesinde değerlendirilmiştir.

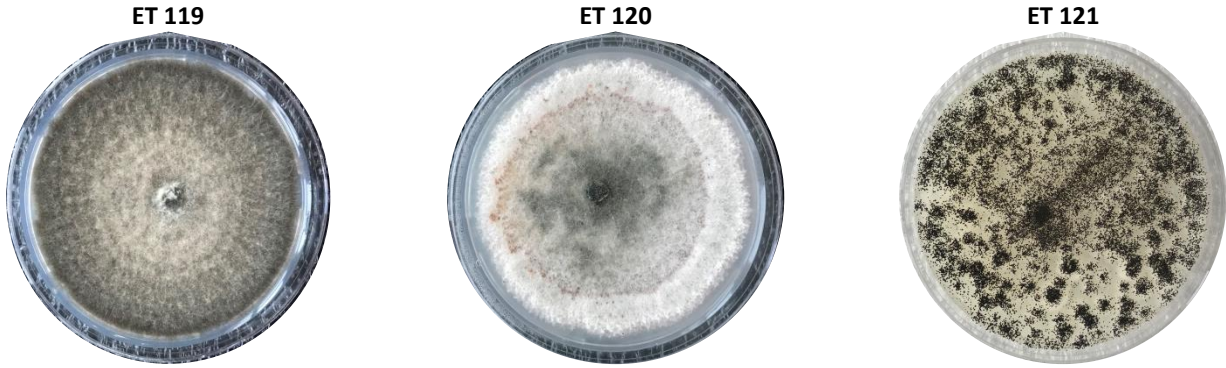
3. Bulgular

Hastalıklı limon meyvelerinden yapılan izolasyon sonucu elde edilen üç farklı fungusun patojenite testleri Şekil 2'de ve patojenite test sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.

Elde edilen patojen fungusların moleküler tanıları yapılmış, sekans sonuçları GenBank'a yüklenerek erişim numaraları alınmıştır (Tablo 2).

In vitro koşullarda yürütülen çalışmada 23 adet *Bacillus*, 5 adet *Pseudomonas*, 2 adet *Pantoea*, 2 adet *Brevibacillus*, 1 adet *Paenibacillus*, 1 adet *Agrobacterium*, 1 adet *Kocuria* ve 1 adet *Kluyvera* cinsine ait bakteriyel izolat test edilmiştir. İkili kültür test sonucunda bütün izolatların düşük veya yüksek düzeyde patojen fungusların gelişimlerini engellediği tespit edilmiştir. Üç patojen fungus için de en etkili sonuç alınan TV 53D (*B. choshinensis*; %67.46) antagonistbakteri izolatını sırasıyla TV 16F (*B. subtilis*; %66.27) ve FDG 37 (*P. fluorescens*; %62.30:) izolatları takip etmiş, en düşük etki ise TV 3D (*B. megaterium*; %18.85) antagonist bakteri izolatından elde edilmiştir (Tablo 3).

En etkili bulunan ilk üç antagonist bakteri izolatının petri görünümü de Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 2. İzolasyon sonucu elde edilen patojen funguslar.



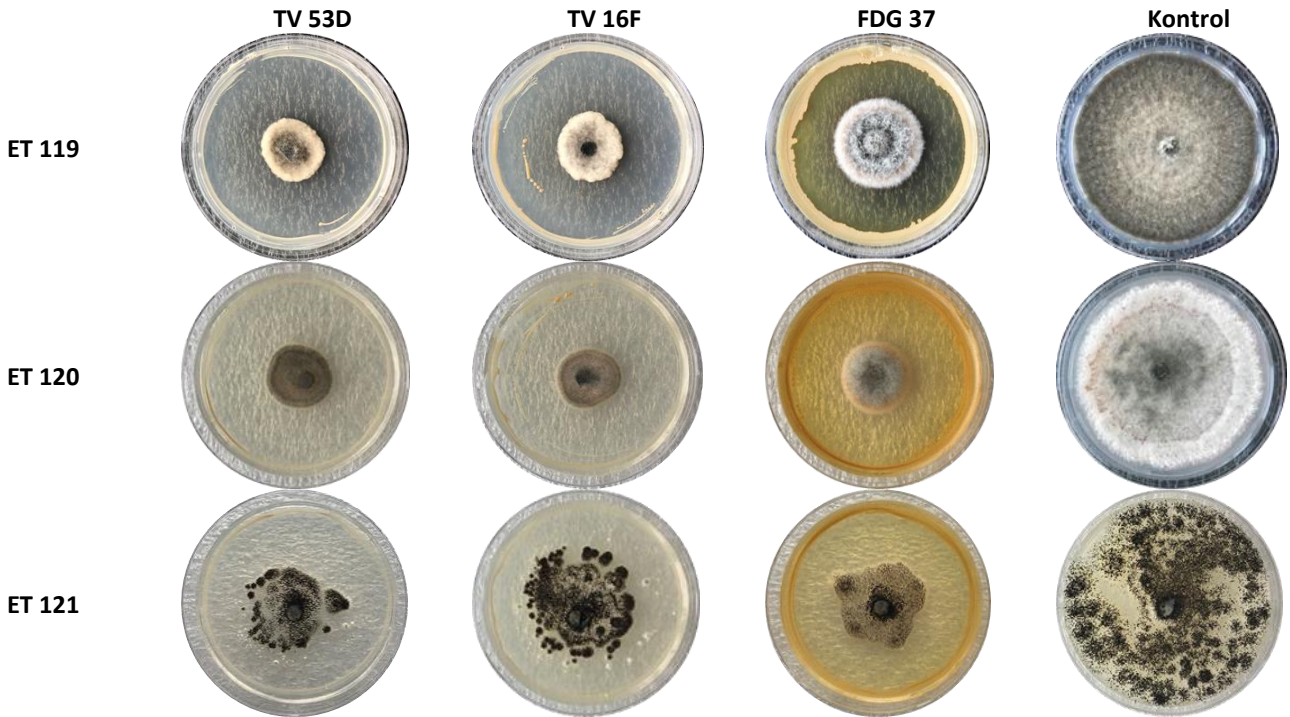
Şekil 3. Fungusların patojenite test sonuçlarına ait görüntüler.

Tablo 2. Patojen funguslara ait moleküler tanı sonuçları, tanı yüzdeleri ve erişim numaraları

İzolat	ITS Tanı Sonuçları	Baz Sayısı	Benzerlik (%)	GenBank Erişim No
ET 119	<i>Alternaria alternata</i>	589 bp	99.13	MZ724662
ET 120	<i>Colletotrichum gleosporoides</i>	592 bp	99.14	MZ724663
ET 121	<i>Penicillium chrysogenum</i>	578 bp	93.03	MZ724680

Tablo 3. Patojen funguslara karşı kullanılan antagonist bakteri izolatlarının yüzde engelleme oranları

İzolatlar	YEO (%)	İzolatlar	YEO (%)	İzolatlar	YEO (%)
TV 53D	67.46 A	TV 6F	52.18 BCDE	İK 39	28.77 GHI
TV 16F	66.27 A	TV 13C	50.59 BCDE	KBA 10	27.78 GHI
FDG 37	62.30 AB	TV 17C	49.80 BCDE	TV 30D	27.58 GHI
TV 85D	59.92 AB	FD 1	49.40 BCDE	İK 37	24.60 HI
TV 42A	58.33 AB	Jumbo A	44.24 CDEF	M 3	23.22 HI
A 16	57.74 ABC	TV 73A	41.07 DEFG	T 26	22.42 HI
TV 13B	56.15 ABC	TV 20E	40.08 DEFG	TV 6D	22.22 HI
TV 14C	55.95 ABC	OSU 142	38.69 EFG	IA 1	22.22 HI
TV 15B	55.35 ABC	TV 113C	34.92 FGH	TV 11D	19.05 I
PM 18	55.16 ABC	BRTB	34.52 FGH	TV 3D	18.85 I
TV 87A	55.16 ABC	RK 84	34.32 FGH	ET 119	0.00 J
TV 67C	54.96 ABC	TV 49A	30.36 GHI	ET 120	0.00 J
TV12H	53.77 ABCD	RK 92	29.37 GHI	ET 121	0.00 J

**Şekil 4.** Antifungal aktivite test sonucu en etkili bulunan antagonist bakteri izolatlarının petri görünümü

4. Tartışma ve Sonuç

Bitki patojenlerinin gelişimini baskılayabilen antagonist özelliğe sahip mikroorganizmaların hastalıklarla mücadelede kullanılması, kimyasal kullanımını azaltmaya yönelik en umut verici mücadele yöntemlerinden birisidir (Heimpel ve Mills, 2017). Mikroorganizmalar içerisinde yer alan bakteriler, hızlı çoğalmaları ve kolonize olmaları ile ekstrem koşullara dayanabilmeleri gibi bazı özelliklerinden dolayı hastalıkları baskı altına almaktadırlar (Köhl vd., 2019). Bu bakteriler arasında *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Agrobacterium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Streptomyces* ve *Pantoea* cinslerine ait bazı türler biyolojik mücadele etmenileri olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Morales-Cedeño vd., 2021).

Antagonist olarak en fazla kullanılan *Bacillus*'a ait türlerin de her yerde bulunabilmeleri, yüksek rekabet yeteneğine

sahip olabilmeleri, endospor oluşturabilmeleri, geniş spektrumlu olmaları, antimikrobiyal bileşik ve litik enzimler salgılayarak dayanıklılık sistemini uyarabilmeleri gibi üstün özelliklere sahip oldukları farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Leelasuphakul vd., 2006; Ongena ve Jacques, 2008; Senthilkumar vd., 2009; Kumar vd., 2012). Bu çalışmada kullanılan ve antifungal etkisi belirlenmeye çalışılan *Bacillus* türlerine ait izolatların daha önce yapılan farklı çalışmalarda *A. alternata*, *C. gleosporoides*, *Botrytis cinerea*, *Coniella granati*, *Penicillium digitatum*, *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. culmorum* gibi funguslara karşı etkili oldukları kaydedilmiştir (Kotan vd., 2009; Kotan vd., 2011; Mohammadi vd., 2017; Tekiner vd., 2019c; Tekiner vd., 2020). Limon meyvesinde yürütülen bir çalışmada depo çürüklüğüne neden olan *P. digitatum*'un biyolojik mücadelesinde *Bacillus* cinsine ait farklı türlerin

(*B. subtilis*, *B. cereus*, *B. pumilus* ve *B. megaterium*) litik enzim üreterek (kitinaz, glukonaz ve proteaz) misel gelişimini ve spor çimlenmesini baskıladıkları kaydedilmiştir (Mohammadi vd., 2017). Bu çalışmada da *Bacillus*'a ait *B. subtilis* (TV 16F; %66.27) izolatı limon meyvesindeki üç patojenin gelişimini yüksek düzeyde engellemiştir.

Tarımsal üretimde çok sayıda *Brevibacillus* türü'nün biyolojik mücadele etmeni olarak kullanıldığı ve bazı türlerinin oldukça önemli olduğu belirtilmektedir (Zhen vd., 2011; Panda, 2014). *Brevibacillus* türlerinin hastalık ve zararlıların mücadelesinde kullanılabilme potansiyellerinin sahip oldukları çeşitli metabolitleri üretmelerinden kaynaklandığı bilinmektedir (Sunita vd., 2010). Aktif metabolitlerin bir kısmı, çoklu enzim katalizli sistemler tarafından ribozomsuz olarak sentezlenen fungisidal veya fungistatik peptitlerdir (Zhen vd., 2011). Chandel vd. (2010) domateste solgunluğa sebep olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'ye karşı *B. brevis* izolatının hem *in vitro* hem de *in vivo*'da etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yine, *B. brevis*'in farklı izolatlarının birçok fungal patojene karşı başarılı bir şekilde kullanıldığı farklı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Edwards vd., 1994; Seddon vd., 2000; Edwards ve Seddon, 2001; Schmitt ve Seddon, 2005). Bu çalışmada da en etkili bulunan *B. choshinensis* (TV 53D; %67.46 izolatı aynı zamanda Tekiner vd. (2019a) tarafından domates bitkisinde *A. alternata*'ya karşı %83.33 oranında etkili bulunmuş, sonuçların limonda yapılan bu çalışma ile de uyumlu olduğu da görülmüştür. Böylece, *Brevibacillus*'a ait türlerin farklı fungal patojenlere karşı biyolojik mücadele etmeni olarak ümitvar olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada diğer bir etkili sonuç *Pseudomans* cinsine ait *P. fluorescens* (FDG 37; %62.30) izolatından elde edilmiştir. Bu cinse ait bakteriler, toprak, su ve bitki yüzey ortamlarına hızlı adapte olmakta, bitki hastalıklarını engellemede antibiyotik, litik enzimler ve sekonder metabolitler üretmektedirler (Erdoğan ve Benlioğlu, 2010; Güneş vd., 2015; Tozlu, 2016). *P. fluorescens* Migula 1895 izolatının ürettiği olduğu siderofor yoluyla *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*'nin biyolojik mücadelesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Elsherif ve Grossman, 1994). *P. fluorescens* türüne ait farklı izolatlar çeşitli fitopatojenlerin mücadelesinde kullanılabilmelerinin yanında, bir bitki büyüme düzenleyicisi olarak bitki gelişimini destekleyici rolleri de bulunmaktadır (Couillerot vd., 2009). Biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılan bu bakteri cinsleri, buldukları ortama gösterdikleri uyum ve bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle ticari olarak da üretilmeye başlanmıştır (Özaktan vd., 2010).

Sonuç olarak, limon meyvesinde hasat sonrası görülen *A. alternata*, *C. gleosporoides* ve *P. chrysogenum* fungal patojenlere karşı etkili bulunan antagonist bakteri

izolatları ile literatürde yer alan bilgilerin birbiriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Antagonist bakteri izolatlarının patojenlerin gelişimini engelleme yüzdelerindeki farklılığın ise antagonistin rekabet yeteneğinden, antibiyotik benzeri madde/litik enzim salgılamasından ya da konukçu bitkinin sistemik dayanıklılığını teşvik etmesi gibi özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Biyolojik mücadele çalışmalarının ilk basamağı olan ikili kültür testi depo koşullarında görülebilen farklı fungal hastalık etmenlerine karşı etkili olabilecek antagonist bakterilerin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Daha sonraki aşamalarda elde edilmiş fungusların limon meyveleri ya da turuncgiller üzerinde farklı depo koşullarında tek tek veya kombinasyonlar halinde denenmesinin planlanması ve etkili bulunan antagonist bakteri izolatlarının biyopreparat olarak ürüne dönüştürülebilme potansiyellerinin araştırılması büyük önem taşımaktadır.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynakça

- Ab Rahman, S. F. S., Singh, E., Pieterse, C. M., & Schenk, P. M. (2018). Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. *Plant Science*, 267, 102-111.
- Akgün, C. (2006). Turuncgiller sektör profili. Dış Ticaret Servisi Uygulama Şubesi, Türkiye. Erişim adresi <http://20684676Turuncgillersektorprofil.html>.
- Akimitsu, K., Peever, T. L., & Timmer, L. W. (2003). Molecular, ecological and evolutionary approaches to understanding *Alternaria* diseases of citrus. *Molecular Plant Pathology*, 4(6), 435-446.
- Aktaş, S. (2015). Domates öz nekrozuna neden olan etmenlere karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anonim, (2020). Tarım ve Orman Bakanlığı, Limon. Erişim adresi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepege>.
- Barkai-Golan, R. (2001). *Postharvest diseases of fruits and vegetables: Development and control*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

- Benli, M. (2003). Hasat sonrası fungal hastalıklarla kimyasal ve biyolojik mücadele. *Orlab On Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 01(08), 1-25.
- Bonattera, A., Badosa, E., Cabrefiga, J., Francés, J., & Montesinos, E. (2012). Prospects and limitations of microbial pesticides for control of bacterial and fungal pomelo tree diseases. *Trees*, 26(1), 215-226.
- Brown, G. E., & Eckert, J. W. (2000). Postharvest Fungal Diseases, in: Timmer LW, Garnsey SM, Graham JH (eds.), *Compendium of Citrus Diseases* (2nd) (pp. 37-45). APS Press, Saint Paul, Minnesota.
- Chandel, S., Allan, E. J., & Woodward, S. (2010). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on tomato by *Brevibacillus brevis*. *Journal of phytopathology*, 158(7-8), 470-478.
- Couillerot, O., Prigent-Combaret, C., Caballero-Mellado, J., & Moënne-Loccoz, Y. (2009). *Pseudomonas fluorescens* and closely-related fluorescent *Pseudomonads* as biocontrol agents of soil-borne phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 48(5), 505-512.
- Dadaşoğlu, F., & Şahin, F. (2010). Bakterilerin yüzük keleşleri *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae)'nın biyolojik mücadelesinde kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 97-104.
- Droby, S., Wisniewski, M., Teixidó, N., Spadaro, D., & Jijakli, M. H. (2016). The science, development, and commercialization of postharvest biocontrol products. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 22-29.
- Dukare, A. S., Prasanna, R., Dubey, S. C., Chaudhary, V., Nain, L., Singh, R., & Saxena, A. K. (2011). Evaluating novel microbe amended composts as biocontrol agents in tomato. *Crop Protection*, 30, 436-442.
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K. & Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), 1498-513.
- Eckert, J. (1989). Recent developments in the chemical control of postharvest diseases. *Sympos Tropical Fruit Int. Trade*, 269, 477-494.
- Eckert, J. W., & Eaks, I. L. (1989). Postharvest disorders and diseases of citrus fruit, in: Reuter W, Calavan EC, Carman GE, Berkeley CA (Eds.), *The Citrus Industry*, (pp. 179-260). University of California Press, USA.
- Edwards S. G., McKay, T., & Seddon, B. (1994). Interaction of *Bacillus* species with phytopathogenic fungi. Methods of analysis and manipulation for biocontrol purposes. in: Blakeman JP, Williamson B (eds) *Ecology of Plant Pathogens* (pp. 101-118). Wallingford, Great Britain, British Society for Plant Pathology.
- Edwards, S. G., & Seddon, B. (2001). Mode of antagonism of *Brevibacillus brevis* against *Botrytis cinerea* in vitro. *Journal of Applied Microbiology*, 91, 652-659.
- Ekinci, M., Turan, M., Yıldırım, E., Güneş, A., Kotan, R., & Dursun A. (2014). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) transplants. *Acta Scientiarum Polonorum*, 13(6), 71-85.
- Ekinci, M., Yıldırım, E., & Kotan, R. (2015). Effects of different plant growth promoting rhizobacteria on growth and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) seedling. *Akdeniz University Journal of Agriculture*, 28(2), 53-59.
- El-Mabrok, A., Hassan, Mokhtar, A. M., Hussain, K., & Aween, M. (2012). Isolation and identification of lactic acid bacteria with antifungal activity against anthracnose disease. *Research Journal of Biological Sciences*, 7(9-12), 335-339.
- Elshafie, H., Camele, I., Racioppi, R., Scrano, L., Iacobellis, N., & Bufo, S. (2012). *In vitro* antifungal activity of *Burkholderia gladioli* pv. *agaricicola* against some phytopathogenic fungi. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 16291-16302.
- Elsherif, M., & Grossmann, F. (1994). Comparative investigations on the antagonistic activity of fluorescent pseudomonads against *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* in vitro and in vivo. *Microbiological Research*, 149(4), 371-377.
- Erdoğan, O., & Benlioğlu, K. (2010). Biological control of *Verticillium* wilt on cotton by the use of fluorescent *Pseudomonas* spp. *Biological Control*, 53(1), 39-45.
- Erman, M., Kotan, R., Çakmakçı, R., Çiğ, F., Karagöz, K., & Sezen, M. (2010). Effect of nitrogen fixing and phosphatesolubilizing rhizobacteria isolated from Van Lake Basin on the growth and quality properties in wheat and sugar beet. Turkey IV. Organic Farming Symposium, 28 June - 1 July 2010, Erzurum, Turkey, 325-329.
- Forner, C., Bettiol, W., Nascimento, L. M. D., & Terao, D. (2013). Postharvest control of *Penicillium digitatum* in pera orange trees with microorganisms and heat treatment. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(1), 23-31.
- Gökçe, A. Y., & Kotan, R. (2016). Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)'ya karşı PGPR ve antagonistbakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 56(1), 49-75.
- Güneş, A., Karagöz, K., Turan, M., Kotan, R., Yıldırım, E., Çakmakçı, R., & Şahin, F. (2015). Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. *Research Journal of Soil Biology*, 7(2), 28-45.
- Heimpel, G. E., & Mills, N. (2017). *Biological Control-Ecology and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Ismail, M., & Zhang, J. (2004). Post-harvest citrus diseases and their control. *Outlooks on Pest Management*, 15, 29.
- Janisiewicz, W. J., & Korsten, L. (2002). Biological control of postharvest diseases and fruits. *Annual Review Phytopathology*, 40, 411-441.
- Karabulut, O. A., Tezcan, H., Daus, A., Cohen, L., Wiess, B., & Droby, S. (2004). Control of preharvest and postharvest

fruit rot in strawberry by *Metschnikowia fructicola*. *Biocontrol Science and Technology*, 14, 513-521.

- Karagöz, K., & Kotan, R. (2010). Bitki gelişimini teşvik eden bazı bakterilerin marulun gelişimi ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(2), 165-179.
- Karahocagil, P., Tunalioglu, R., Taskaya, B., & Anac, H. (2003). Turunçgiller Durum ve Tahmin: 2003/2004. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, 111, 74.
- Karakurt, H., Kotan, R., Dadaşoğlu, F., Aslantaş, R., & Sahin F. (2011). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on fruit set pomological and chemical characteristics color values and vegetative growth of sour cherry *Prunus cerasus* cv. Kutahya. *Turkish Journal of Biology*, 35, 283-291.
- Ketabchi, S., Taghipour, M., & Sharzei, A. (2012). Identification of lime fruit surface colonizing bacteria antagonistic against the green mold (*Penicillium digitatum*) and comparison of biological control with heat treatment and chemical control. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 3, 287-292.
- Kinay, P., Mansour, M. F., Gabler, F. M., Margosan, D. A., & Smilanick, J. L. (2007). Characterization of fungicideresistant isolates of *Penicillium digitatum* collected in California. *Crop Protection*, 26, 647-656.
- Kotan, R., Dikbaş, N., & Bostan, H. (2009). Biological control of postharvest disease caused by *Aspergillus flavus* on stored lemon fruits. *African Journal of Biotechnology*, 8(2), 209-214.
- Kotan, R., Şahin, F., Demirci, E., & Eken, C. (2011). Biological control of the potato tubers dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains. *Biological Control*, 59(3), 194-198.
- Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 10, 845. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00845>.
- Kumar, P., Dubey, R. C., & Maheshwari, D. K. (2012). *Bacillus* strains isolated from rhizosphere showed plant growth promoting and antagonistic activity against phytopathogens. *Microbiological Research*, 167, 493-499.
- Leelasuphakul, W., Sivanunsakul, P., & Phongpaichit, S. (2006). Purification, characterization and synergistic activity of β -1, 3-glucanase and antibiotic extract from an antagonistic *Bacillus subtilis* NSRS 89-24 against rice blast and sheath blight. *Enzyme and Microbial Technology*, 38(7), 990-997.
- Liu, J., Wisniewski, M., Droby, S., Tian, S., Hershkovitz, V., & Tworowski, T. (2011). Effect of heat shock treatment on stress tolerance and biocontrol efficacy of *Metschnikowia fructicola*. *FEMS Microbiology and Ecology*, 76, 145-155.
- Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6), 530-538. doi: 10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x.
- Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Droby, S., & Liu, Y. (2013). Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *International Journal of Food Microbiology*, 167, 153-160.
- Mohammadi, P. (2018). Domates bakteriyel solgunluk ve kanser hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis vd.)'nin antagonistbakteriler kullanılarak mücadele imkânlarının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mohammadi, P., Tozlu, E., & Kotan, R. (2014). Screening of antagonistic bacteria for biological control of green mold caused by *Penicillium digitatum* Sacc. of citrus fruits. 21th Iranian Plant Protection Congress, January 21-22, Urmia, Iran, 189.
- Mohammadi, P., Tozlu, E., Kotan, R., & Senol Kotan, M. (2017). Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Protection Science*, 53(3), 134-143.
- Morales-Cedeño, L. R., del Carmen Orozco-Mosqueda, M., Loeza-Lara, P. D., Parra-Cota, F. I., de Los Santos-Villalobos, S., & Santoyo, G. (2021). Plant growth-promoting bacterial endophytes as biocontrol agents of pre-and post-harvest diseases: Fundamentals, methods of application and future perspectives. *Microbiological Research*, 242, 126612.
- Ongena, M., & Jacques, P. (2008). *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, 16(3), 115-125.
- Özaktan, H., Aysan, Y., Yıldız, F., & Kinay, P. (2010). Fitopatolojide biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1), 61-78.
- Palou, L., Smilanick, J. L., & Droby, S. (2008). Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue moulds. *Stewart Postharvest Review*, 2, 1-16.
- Palou, L. (2014). *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (green mold, blue mold), in Bautista-Baños S. (ed.), *Postharvest Decay* (pp. 45-102). Academic Press, London, England.
- Panda, A. K., Bisht, S. S., DeMondal, S., Senthil Kumar, N., Gurusubramanian, G., & Panigrahi, A. K. (2014). *Brevibacillus* as a biological tool: a short review. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 105(4), 623-639.
- Papoutsis, K., Mathioudakis, M. M., Hasperue, J. H., & Ziogas, V. (2019). Non-chemical treatments for preventing the postharvest fungal rotting of citrus caused by *Penicillium digitatum* (green mold) and *Penicillium italicum* (blue mold). *Trends in Food Science and Technology*, 86, 479-491.
- Romanazzi, G., Feliziani, E., Baños, S. B., & Sivakumar, D. (2017). Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(3), 579-601.

- Ruffo Roberto, S., Youssef, K., Hashim, A. F., & Ippolito, A. (2019). Nanomaterials as alternative control means against postharvest diseases in fruit crops. *Nanomaterials*, 9(12), 1752.
- Schirra, M., D'Aquino, S., Cabras, P., & Angioni, A. (2011). Control of postharvest diseases of fruit by heat and fungicides: efficacy, residue levels, and residue persistence. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(16), 8531-8542.
- Schmitt, A., & Seddon, B. (2005). Biocontrol of plant pathogens with microbial BCAs and plant extracts advantages and disadvantages of single and combined use, in: Dehne HW, Gisi U, Kuck KH, Russell PE, Lyr H (eds), *Modern Fungicides and Antifungal Compounds* (pp. 205-225). Alton, England.
- Seddon, B., McHugh, R. C., & Schmitt, A. (2000). *Brevibacillus brevis*— a novel candidate biocontrol agent with broad-spectrum antifungal activity. *Proc Brit Crop Protec Con - Pests and Diseases*, 563-572.
- Senthilkumar, M., Swarnlakshmi, K., Govindasamy, V., Lee, Y. K., & Annapurna, K. (2009). Biocontrol potential of soybean bacterial endophytes against charcoal rot fungus *Rhizoctonia bataticola*. *Current Microbiology*, 58, 288-293.
- Smilanick, J. L., Brown, G. E., Eckert, J. W. (2006). The biology and control of postharvest diseases, in: Wardowski WF, Miller WM, Hall DJ, Grierson W (Eds.), *Fresh Citrus Fruits* (2nd) (pp. 339-396). Florida Science Source, Inc.
- Sunita, C., Eunice, J. A., & Steve, W. (2010). Biological control of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* on tomato by *Brevibacillus brevis*. *Journal of Phytopathology*, 158, 470-478.
- Şahinoglu, E. (2019). Kapa biberde *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg, (1976) ile biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tekiner, N., Tozlu, E., & Kotan, R. (2019a). Domateste *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl'nın bazı bakteriler ile biyolojik mücadelesi. *Plant Protection Bulletin*, 59(4), 57-68.
- Tekiner, N., Kotan, R., Tozlu, E., & Dadasoglu, F. (2019b). Determination of some biological control agents against *Alternaria* fruit rot in quince. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, 34(1), 25-31.
- Tekiner, N., Tozlu, E., & Kotan, R. (2019c). Portakalda antraknoz hastalığı etmeni *Colletotrichum gloeosporioides*'in biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(3), 282-291.
- Tekiner, N., Tozlu, E., & Guarnaccia, V. (2020). First report of *Diaporthe foeniculina* causing fruit rot of lemon in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102, 277. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00413-4>.
- Tozlu, E. (2016). Biological Control of Carrot Sour Rot (*Geotrichum candidum* Link) by some bacterial biocontrol agents. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 47(1), 1-9.
- Tozlu, E., Dadasoglu, F., Kotan, R., & Tozlu, G. (2011). Insecticidal effect of some bacteria on *Bruchus dentipes* Baudi (Coleoptera: Bruchidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(4), 918-923.
- Tozlu, E., Tekiner, N., Kotan, R., & Örtücü, S. (2018). Investigation on the biological control of *Alternaria alternata*. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(8), 1241-1247.
- Wang, H., Yan, Y., Wang, J., Zhang, H., & Qi, W. (2012). Production and characterization of antifungal compounds produced by *Lactobacillus plantarum* IMAU10014. *Plos One*, 7(1), e29452.
- Wang, X. Q., Zhao, D. L., Shen, L. L., Jing, C. L., & Zhang, C. S. (2018). Application and mechanisms of *Bacillus subtilis* in biological control of plant disease, in: *Role of Rhizospheric Microbes in Soil* (pp. 225-250). Springer, Singapore.
- White, T. J., Brauns, T., Leeand, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, in: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ (eds), *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* (pp. 315-322). Academic Press, San Diego, California.
- Zhen, S., Kaiqi, L., Changxu, L., Jian, Y., Ruicheng, J., & Xunli, L. (2011). Isolation and characterization of a potential biocontrol *Brevibacillus laterosporus*. *African Journal of Microbiology Research*, 5(18), 2675-2681.