



**ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ**

ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Cilt (Volume) : 18

Sayı (Number) : 1

Yıl (Year) : 2023



The Journal of Agriculture Faculty



**ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ**

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



ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ Ziraat Fakültesi Dergisi

Cilt 18, Sayı 1, Yıl 2023

Isparta University of Applied Sciences Journal of the Faculty of Agriculture

Volume 18, Issue 1, Year 2023

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, CAB Abstracts, EBSCO

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 ilişkin 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



EBSCO

ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

İMTİYAZ SAHİBİ

Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı

BAŞ EDİTÖR

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

YARDIMCI EDİTÖR

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 EDİTÖRÜ

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

TEKNİK EDİTÖR

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. **Deniz YILMAZ**
Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Dean's Office

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**

Batı Akdeniz Bölgesi Domates Güvesi <i>Tuta absoluta</i> (Lepidoptera: Gelechiidae) Popülasyonlarında Endosimbiyont Bakteri Türlerinin Belirlenmesi	1-4
<i>Determination of Endosymbiont Bacteria Species of Tomato Leafminer Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) Populations from the West Mediterranean Region</i> Merve KAVAK, Erhan KOÇAK	
Türkiye'de Sığır Eti Üretimini ARIMA (Box-Jenkins) Modeli ile Öngörüsü	5-12
<i>Prediction of Beef Production in Turkey with ARIMA (Box-Jenkins) Model</i> Aslı DALGIÇ, Deniz SARICA, Vecdi DEMİRCAN	
Yağ Güllü (<i>Rosa damascena</i> Miller)'nde Çoğaltım Materyallerinin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi	13-24
<i>The Effect of Yield and Quality Characters of Propagation Materials in Oil Bearing Rose (Rosa damascena Miller)</i> Caner YALMANLI, Sabri ERBAŞ, Murat MUTLUCAN	
Molibden ve Arseniğin Tarla Koşullarında Buğday Bitkisinin Verimine ve Toksikliğine Etkilerinin Belirlenmesi	25-34
<i>Determination of the Effects of Molybdenum and Arsenic on Yield and Toxicity of Wheat Plant in Field Conditions</i> İlknur YURDAKUL, Kadriye KALINBACAK, Dilek ALTINKAYNAK, Remzi Murat PEKER	
Soil and Foliar Applications of Chitosan in the Control of Root-Knot Nematode in Tomato	35-39
<i>Domateste Kök Ur Nematodu Mücadelesinde Kitosanın Toprak ve Yaprak Uygulamaları</i> Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR, Tuğçe ÖZEK, Jean Claude NDAYIRAGIJE, Hacer ÇEVİK, İsmail KARACA	
The Effects of Pruning Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) as a Single Stemmed and Single-Headed Morphological Design on Growth and Development Characteristics and Agricultural Potential.....	40-49
<i>Aspir (Carthamus tinctorius L.) Bitkisinin Budanması ile Oluşturulan Tek Sap ve Tek Tabla Şeklindeki Morfolojik Tasarımın Büyüme ve Gelişme Özellikleri ile Tarımsal Potansiyeli Üzerine Etkisi</i> Firooz Ahmad NIKZAD, Hasan BAYDAR	
Basınçlı Sulama Sisteminin COPAM Yazılımı ile Performans Analizi: Burdur-Çavdır-Küçükalan Örneği.....	50-58
<i>Performance Analysis of Pressurized Irrigation System with COPAM Software: A Case of Burdur-Çavdır-Küçükalan</i> Can ÖZKAYA, Yusuf UÇAR	
Bazı Beef Tipi Domates Hatlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	59-65
<i>Determination of Morphological Characteristics of Some Beef Type Tomato Lines</i> Özlem DEMİR, Hüsnü ÜNLÜ	

Batı Akdeniz Bölgesi Domates Güvesi *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Popülasyonlarında Endosimbiont Bakteri Türlerinin Belirlenmesi

Merve KAVAK*¹, Erhan KOÇAK¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 1-4, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 1-4, 2023

Öz: Çalışma kapsamında, Batı Akdeniz Bölgesi'nde Antalya, Muğla, Isparta ve Burdur illerinden 11 lokasyondan toplam 55 adet Domates güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) bireyi toplanmıştır. Söz konusu böcek türünde endosimbiont bakterilerden *Wolbachia*, *Rickettsia* ve *Spiroplasma* taraması yapılmıştır. Bu bireylerde endosimbiont bakteri olan *Wolbachia*, *Rickettsia* ve *Spiroplasma*'nın varlığı ve bulunma oranı PCR reaksiyonlarından sekans yapılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, *Rickettsia* ve *Spiroplasma*'nın *T. absoluta* için dünya ve Türkiye genelinde ilk kayıt olduğu belirlenmiştir. Bu zamana kadar bulunamayan *Spiroplasma* ve *Rickettsia* çalışmamızda yüksek oranda değer göstermiştir. Batı Akdeniz Bölgesi'nde Domates güvesinde *Wolbachia*, *Rickettsia* ve *Spiroplasma* bulunma oranları sırasıyla %76.3, %78.1 ve %90.9 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Tuta absoluta*, endosimbiont bakteri, *Wolbachia*, *Rickettsia*, *Spiroplasma*

Determination of Endosymbiont Bacteria Species of Tomato Leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Populations from the West Mediterranean Region

Abstract: Within the scope of the study, a total of 55 tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) individuals were collected from 11 locations in the provinces of Antalya, Muğla, Isparta and Burdur in the Western Mediterranean Region. *Wolbachia*, *Rickettsia* and *Spiroplasma* from endosymbiont bacteria were screened in the insect species in question. The presence and rate of endosymbiont bacteria *Wolbachia*, *Rickettsia* and *Spiroplasma* in these individuals were determined by sequencing from PCR reactions. As a result, it was determined that *Rickettsia* and *Spiroplasma* were the first records for *T. absoluta* in the world and Turkey. *Spiroplasma* and *Rickettsia*, which could not be found until now, showed high value in our study. In the region, the presence ratios of *Wolbachia*, *Rickettsia* and *Spiroplasma* were determined as 76.3%, 78.1% and 90.9%, respectively.

Keywords: *Tuta absoluta*, endosymbiont bacteria, *Wolbachia*, *Rickettsia*, *Spiroplasma*

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
merve.zdmirrr@gmail.com

Alınış (Received): 26/07/2022
Kabul (Accepted): 24/03/2023

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü,
Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Türkiye'de dört mevsim en çok tüketilen sebzelerden olan domatesin verimini oldukça sınırlayan birçok hastalık ve zararlı etmen mevcuttur. Domates güvesi [*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)], zararlılar içerisinde domates yetiştiriciliğini tehdit eden en önemli türlerden biri durumundadır. Domates güvesi, yüksek üreme gücüne sahip bir zararlıdır. Akdeniz iklimine sahip yerlerde hızla çoğalan zararlı, seralarda yılda 10-12 döl vermektedir. Bir dişi yaşamı süresince 260 adet yumurta bırakmaktadır (Anonim, 2014).

Bitki, ürün ve hastalık vektörü olan zararlı böcek türleri dikey olarak bulaşan birçok endosimbiont bakteri barındırmaktadır. Bu bakteriler konukçularında birçok yaşamsal mekanizmayı etkilemektedir (Paredes vd., 2015). Eklembacaklılardaki simbiyotik mikroorganizmalar, konukçularının ekolojisinde ve evriminde önemli bir rol oynamaktadır. Tüm böcek türlerin %20-70'inde bulunan *Spiroplasma*, *Rickettsia* ve *Wolbachia* bakterilerinin enfeksiyona karşı konukçularını korudukları saptanmıştır (Shokal vd., 2016). Tarımda zararlıların biyolojik mücadelesi için böcek simbiyozunun etkileri birçok

böceğin mikrobiyal ortaklarına zorunlu olarak bağımlı olması, tarımsal zararlıların biyolojik kontrolü için potansiyel bir hedef sağlamaktadır. Tarımsal zararlıların mikrobiyal birlikteliklerinin hayatta kalma ve gelişmeyi etkilediğine dair kanıtların ötesinde simbiyontların böcek konukçusunun kullanabileceği ve beslendiği bitkilerin yelpazesini genişletebildiğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Tsuchida vd., 2004). Domates güvesi, özellikle insektisitlerin yoğun kullanımını gerektiren ve artan insentisit direncinden dolayı mücadelesinde sıkıntılar yaşanabilen bir zararlıdır (Biondi vd., 2018).

Türkiye’de *T. absoluta* popülasyonlarında yapılan çalışmada endosimbiyontlardan *Arsenophonus*, *Cardinium*, *Hamiltonella* ve *Spiroplasma*’ya rastlanamamışken *Wolbachia* ve *Pantoea* belirlenmiştir (Mehrkhou vd., 2021). Dünyada *T. absoluta* üzerinde yapılan çalışmalarda ise bu üç endosimbionttan sadece *Wolbachia*’nın varlığı belirlenmiştir. Bu çalışmada ise *T. absoluta*’da endosimbiyontlardan *Wolbachia*, *Rickettsia* ve *Spiroplasma* varlığı araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın materyalini, Batı Akdeniz Bölgesi’nden Isparta, Antalya, Muğla ve Burdur popülasyonlarından denemelerde kullanılmak üzere 2021 yılında larvalar domatesin yaprağından ve meyvesinden toplanmıştır (Tablo 1). Toplanan larvalar ticari renksiz deterjan ve saf su içeren karışımın içerisinde 56°C’de 30 dakika su banyosu inkübasyonuna tabi tutulmuştur. Karışımın içerisinden çıkarılan örnekler saf su ile yıkanarak kurutulmuş ve ezme aparatları ile ezilmiştir. Ezilen örnekler ticari kit protokolüne göre DNA izolasyonu yapılmıştır. İzolasyon aşamasından sonra örnekler PCR aşamasından geçerek elektroforezde görüntülemeye alınmıştır.

Tablo 1. *Tuta absoluta* popülasyonlarının toplandığı lokasyonlar

İller	Lokasyon	Popülasyon
Antalya	Serik	B1
	Elmalı	E1
	Korkuteli	K1
	Dalyan	D1
Muğla	Dalaman	D2
	Ortaca	O1
	Yatağan	Y1
Burdur	Milas	M1
	Merkez	B2
Isparta	Tefenni	T1
	Merkez	I1

3. Bulgular

Türkiye’nin Batı Akdeniz Bölgesi’nin farklı lokasyonlarından *T. absoluta* toplanmış ve 11 farklı *T. absoluta* popülasyonundan rastgele seçilen beş adet

larvada endosimbiyont (*Wolbachia*, *Rickettsia* ve *Spiroplasma*) taramaları gerçekleştirilmiştir.

Popülasyonlardaki bireylerin endosimbiyontlarla bulaşma durumları Tablo 2’de verilmiştir. Bireylerde genellikle ikili ve üçlü enfeksiyonların fazlalığı; *Spiroplasma*’nın Muğla ve Isparta illerindeki tüm popülasyonlardaki bireylerde pozitif olması ve de Muğla ili Ortaca ilçesi popülasyonlarında her üç endosimbiyontun tüm bireylerde pozitif olması dikkat çekmiştir. İl bazında bakıldığında ise Antalya, Muğla, Isparta ve Burdur illerinde *T. absoluta*’da endosimbiyontların bulunma oranları sırasıyla *Wolbachia* için %80, %84, %60 ve %60; *Rickettsia* için %60, %84, %100 ve %80; *Spiroplasma* için ise %86.6, %96, %80 ve %90 olarak belirlenmiştir. Batı Akdeniz Bölgesi’nde ise bu oranlar *Wolbachia* için %76.3, *Rickettsia* için %78.1 ve *Spiroplasma* için ise %90.9 olmuştur (Tablo 2).

Bireylerde genellikle ikili ve üçlü enfeksiyonların fazlalığı; *Spiroplasma*’nın Muğla ve Isparta illerindeki tüm popülasyonlardaki bireylerde pozitif olması ve de Muğla ili Ortaca ilçesi popülasyonlarında her üç endosimbiyontun tüm bireylerde pozitif olması dikkat çekmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışmalarda aynı tür böceğin farklı bölge veya ülke popülasyonlarında endosimbiyont kompozisyonu farklılaşmaktadır. Yapılan bu çalışmada da *Wolbachia*’nın, sahil şeridinde yer alan Antalya ve Muğla illerinde Isparta ve Burdur illerine göre daha yüksek enfeksiyon oranlarına sahip olduğu görülmüştür.

Endosimbiyontların detoksifikasyon yetenekleri ve hızlı evrim süreçleri göz önüne alındığında konukçularında oluşan pestisit direncine katkı sağladıkları düşünülmektedir (Su vd., 2013). *Wolbachia* ve *Rickettsia*, yaygın olarak böcek fakültatif simbiyontlarıdır (Anderson ve Karr, 2001). Bu iki ortak yaşam türü, böceklerin sadece partenogenezle ilişkili değildir, aynı zamanda insektisit direnci ile de ilişkilidir (Kontsedalov vd., 2008, Li vd., 2018). Simbiyotik aracılı insektisit direnci ve duyarlılığı, böcek türlerine, simbiyont türlerine ve kimyasal bileşiğe göre değişmektedir (Liu ve Guo, 2019). Domates güvesinde insektisit direncinin ülkemizde (Yalçın vd., 2015) ve dünyada (Roditakis vd., 2013) çok yaygın olması ile mevcut çalışmadaki simbiyontların yoğunluklarının paralellik göstermesi yukarıda belirtilen görüşleri desteklemektedir.

Bir başka çalışmada ise tüm böcek türlerinin %20-70’inde bulunan *Spiroplasma* ve *Wolbachia*’nin patojenik ve patojenik olmayan bakterilerin enfeksiyonuna karşı konukçularını korudukları saptanmıştır (Shokal vd., 2016). *Wolbachia*’nin yok edilmesi durumunda böcek gelişimini olumsuz etkileyeceği göz önüne alınmalıdır (Chen vd., 2012).

Tablo 2. Popülasyonlardaki beş bireyde bulunan endosimbiyont sayıları ve bulunma oranları

İller	Popülasyonlar	Endosimbiyontlar		
		Wolbachia	Rickettsia	Spiroplasma
Antalya	Serik	4	3	5
	Elmalı	4	4	5
	Korkuteli	4	2	3
Toplam	3	12 (%80)	9 (%60)	13 (%86.6)
Muğla	Dalyan	3	3	5
	Dalaman	5	4	5
	Ortaca	5	5	5
	Yatağan	3	5	5
	Milas	5	4	4
Toplam	5	21 (%84)	21 (%84)	24 (%96)
Burdur	Merkez	3	4	5
	Tefenni	3	4	4
Toplam	2	6 (%60)	8 (%80)	9 (%90)
Isparta	Merkez	3	5	4
Toplam ve %	1	3 (%60)	5 (%100)	4 (%80)
Genel Toplam ve Ortalama %	11	42 (%76.3)	43 (%78.1)	50 (90.9)

Dünyada *T. absoluta* üzerine yapılan çalışmalarda söz konusu zararlının popülasyonlarında *Wolbachia* enfeksiyonunu tespit etmişlerdir. Hırvatistan ve Karadağ'da enfeksiyon oranı %70-100 arasında değişirken yaptığımız çalışmada *Wolbachia* enfeksiyon oranı paralellik göstermiş ve %76.3 olduğu görülmüştür. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda *Rickettsia* ve *Spiroplasma*'nın ortaya çıkmamasının farklı metot ve materyal kullanılmasından kaynaklı olabileceğini düşündürmüştür.

Bu çalışma farklı Domates güvesi popülasyonların endosimbiyontlarla çok ciddi bir oranda bulaşık olduğunu ortaya koymuştur. Endosimbiyontlardan *Spiroplasma* ve *Rickettsia*, *T. absoluta*'da ilk kez bu çalışmada belirlenmiştir. Domates güvesi mikrobiyotasının karakterizasyonunun yanı sıra simbiyotik kompozisyonunu etkileyen faktörler ve simbiyotik bakterilerin konukçu üzerindeki beslenme, fizyoloji ve davranış gibi etkileri, bu istilacı zararlı için alternatif kontrol stratejileri geliştirmede önemli olmaktadır (Mehrkhou vd., 2021).

Özetlemek gerekirse; ülkemizde *T. absoluta* popülasyonları arasında ciddi bir bakteri yoğunluğu bulunmaktadır. Böcek endosimbiyontlarının bu mikroorganizmaların zararlı mücadelesinde kullanım olanaklarını arttırması beklenmektedir. Tarımsal ürünlerde zararlı olan *T. absoluta* endosimbiyontlar ile kurdukları ilişkinin tam olarak aydınlatılması büyük önem arz etmektedir. Çünkü zararlı ile mücadelede yeni çevreye duyarlı ve daha etkili mücadele yöntemleri gerekmektedir.

Teşekkür

2021-YL1-0124 No'lu Proje kapsamında tezi maddi olarak destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

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

- Anderson, C. L., & Karr, T. L. (2001). *Wolbachia*: evolutionary novelty in rickettsial bacteria. *BMC Evolutionary Biology*, 1(10). <https://doi.org/10.1186/1471-2148-1-10>
- Anonim (2014). *Tuta absoluta* Zirai Mücadele Teknik Talimatı. Erişim adresi http://www.tarim.gov.tr/tagem/menu/28/yayinlar_veriler.www.bku.tarim.gov.tr
- Biondi, A., Guedes, R. N. C., Wan, F. H., & Desneux, N. (2018). Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. *Annual review of entomology*, 63, 239-258. <https://doi.org/10.1164/annurev-ento-031616-034933>
- Chen, S. J., Lu, F., Cheng, J. A., Jiang, M. X., & Way, M. O. (2012). Identification and Biological Role of the Endosymbionts *Wolbachia* in Rice Water Weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*, 41(3), 469-477. <https://doi.org/10.1603/EN11195>
- Kontsedalov, S., Fein, E. Z., Chiel, E., Gottlieb, Y., Inbar, M., & Ghanim, M. (2008). The presence of *Rickettsia* is associated with increased susceptibility of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides. *Pest*

Management Science, 64(8), 789-792.
<https://doi.org/10.1002/ps.1595>

- Li, Q., Fan, J., Sun, J. X., Wang, M. Q., & Chen J. L. (2018). Effect of the secondary symbiont *Hamiltonella defensa* on fitness and relative abundance of *Buchnera aphidicola* of wheat aphid, *Sitobion miscanthi*. *Frontiers in Microbiol*, 9, 582. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00582>
- Liu, X. D., & Guo, H. F. (2019). Importance of endosymbionts *Wolbachia* and *Rickettsia* in insect resistance development. *Current Opinion in Insect Science*, 33, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.05.003>
- Mehrkhou, F., Güz, N., Korkmaz, E. M., & Çağatay, N. S. (2021). Analysis of genetic variation in an important pest, *Tuta absoluta*, and its microbiota with a new bacterial endosymbiont. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(1), 111-123. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079368>
- Paredes, J. C., Herren, J. K., Schüpfer, F., Marin, R., Claverol, S., Kuo, C. H., Lemaitre, B., & Béven, L. (2015). Genome sequence of the *Drosophila melanogaster* male-killing *Spiroplasma* strain MSRO endosymbiont. *MBio*, 6(2), 14. <https://doi.org/10.1128/mBio.02437-14>
- Roditakis, E., Skarmoutsou, C., Staurakaki, M., del Rosario Martínez-Aguirre, M., García-Vidal, L., Bielza, P., Haddi, K., Rapisarda, C., Rison, J. L., Bassi, A., & Teixeira L. A. (2013). Determination of baseline susceptibility of European populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) to indoxacarb and chlorantraniliprole using a novel dip bioassay method. *Pest Management Science*, 69(2), 217-227. <https://doi.org/10.1002/ps.3404>
- Tsuchida, T., Koga R., & Fukatsu T. (2004) Host plant specialization governed by facultative symbiont. *Science*, 303(5666), 1989-1989. <https://doi.org/10.1126/science.1094611>
- Shokal, U., Yadav, S., Atri, J., Accetta, J., Kenney, E., Banks, K., Kataham, A., Jaenike, J., & Eleftherianos, L. (2016). Effects of co-occurring *Wolbachia* and *Spiroplasma* endosymbionts on the *Drosophila* immune response against insect pathogenic and non-pathogenic bacteria. *BMC Microbiology*, 16(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0634-6>
- Su, J., Chow, B., Boulianne, G. L., & Wilde, A. (2013). The BAR domain of amphiphysin is required for cleavage furrow tip-tubule formation during cellularization in *Drosophila* embryos. *Molecular Biology of the Cell*, 24(9), 1444-1453. <https://doi.org/10.1091/mbc.e12-12-0878>
- Yalçın, M., Mermer, S., Kozacı, L. D., & Turgut, C. (2015). Insecticide resistance in two populations of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) from Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 39(2), 137-145. <https://doi.org/10.16970/ted.63047>

Türkiye’de Sığır Eti Üretiminin ARIMA (Box-Jenkins) Modeli ile Öngörüsü

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 5-12, 2023

Aslı DALGIÇ*¹, Deniz SARICA¹, Vecdi DEMİRCAN¹

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 5-12, 2023

Öz: Hayvancılık sektörü, toplumun sağlıklı beslenmesi, kırsal kalkınmaya ve istihdama katkısı bakımından önemli bir sektördür. Bu çalışmada, Türkiye’de besi sığırçılığının gelişiminin ortaya konması ve sığır etinin on yıllık üretim öngörüsünde bulunulması amaçlanmıştır. Gelecek yıllara ilişkin tahmin yapılmasının yatırım ve üretim planlaması bakımından yararlı olacağı düşünülmektedir. Sığır eti üretim miktarı, Box-Jenkins metodu olan ARIMA modeli ile tahmin edilmiştir. Analizde kullanılan veriler 1936-2021 dönemini kapsamaktadır. Yapılan analizler sonucunda ARIMA (0.2.2) modeli sığır eti üretiminin tahminine ilişkin en uygun model olarak tespit edilmiştir. Yapılan tahmine göre; 2022-2031 yılları arasında sığır eti üretiminde %60.31 oranında artış olacağı öngörülmüştür. Bu artışa bağlı olarak kırmızı et sektörü ile ilgili et entegre tesislerinin geliştirilmesine yönelik adımların atılması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyükbaş hayvancılık, sığır eti üretimi, zaman serisi, Box-Jenkins yöntemi

Prediction of Beef Production in Turkey with ARIMA (Box-Jenkins) Model

Abstract: The livestock sector is an important sector in terms of healthy nutrition of the society and its contribution to rural development and employment. In this study, it is aimed to reveal the development of beef cattle breeding in Turkey and to make a ten-year production prediction of beef. It is thought that making forecasts for the coming years will be beneficial in terms of investment and production planning. The amount of beef production was estimated with the ARIMA model, which is the Box-Jenkins method. The data used in the analysis cover the period 1936-2021. As a result of the analysis, the ARIMA (0.2.2) model was determined as the most appropriate model for the estimation of beef production. According to the estimation; It is predicted that there will be an increase of 60.31% in beef production between 2022 and 2031. Depending on this increase, it is thought that steps should be taken to develop integrated meat facilities related to the red meat sector.

Keywords: Cattle breeding, beef production, time series, Box-Jenkins method

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

Alınış (Received): 14/12/2022
Kabul (Accepted): 28/02/2023

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

1. Giriş

Bitkisel üretime nazaran doğal şartlardan daha az etkilenen hayvansal üretim faaliyeti, toplumsal gıda ihtiyacının karşılanması açısından önemli bir üretim alanıdır. İnsanların hem sağlıklı hem de fiziksel ve ruhsal bakımdan daha iyi gelişmek ve yaşamlarını sürdürebilmek için yiyecekleri arasında hayvansal besinlere daha çok yer vermesi gerekmektedir. İnsanın ihtiyaç duyduğu proteinin karşılanmasının en ucuz ve verimli yolu hayvansal gıdalardır. Günümüzde, hayvansal ürün tüketim seviyesi, hayvansal ürün üretim miktarı ve kırsal gelirler içinde hayvancılığın payı o ülkenin gelişmişliğinin bir göstergesi

olarak değerlendirilmektedir. Nitekim, dünyanın gelişmekte olan ülkelerinde sosyal ve ekonomik gelişmeye paralel olarak hayvansal ürün tüketimleri de giderek artmaktadır (Sakarya vd., 2000).

Hayvancılık sektörü, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de hızla artan nüfusun yeterli ve dengeli beslenmesi bakımından ve birçok alanda sanayi hammaddesi olarak kullanımından dolayı son derece önemlidir. Ayrıca kırsal kalkınmanın gerçekleştirilmesi ve tarım işsizliğinin azaltılarak köyden kente göçün önlenmesi gibi ekonomik ve sosyal açılardan stratejik bir konuma sahiptir (Bayraç ve Çemrek, 2011).

Besicilik; kasaplık hayvanlarda et ve yağ miktarının artırılması ve et kalitesinin yükseltilmesi faaliyetidir. Ayrıca istihdam oluşturmak suretiyle ekonomiye büyük katkıda bulunan bir işletme kolu olarak tanımlanmaktadır (Polat, 1997; Sakarya ve Günlü, 1996). Yürütülen besicilik faaliyetlerinin ekonomiye katkısı yalnızca kırmızı et üretimiyle sınırlı kalmamakta, bu sektörden elde edilen yan ürünlerden pek çok sektörün üretim sürecinde girdi olarak yararlanılabilmektedir (Çiçek, 2002).

Türkiye'de yıllar itibarıyla besi sığırcılığında önemli gelişmeler yaşanmasına rağmen sektörün karşılaştığı bazı önemli sorunlar da mevcuttur. Bu sorunların başlıcaları yem hammaddelerinde dışa bağımlılık, girdi maliyetlerinin yüksek olması, karkas et fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalar ve besi başlangıcı canlı hayvan fiyatlarının yüksek olması şeklinde sıralanabilir.

Türkiye'de beslenme ve ülke ekonomisindeki yeri açısından önemli yer tutan sığır eti üretiminin gelecek yıllara ilişkin tahmin edilmesinin yatırım ve üretim planlaması bakımından yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de 2001-2021 yılları arasında besi sığırcılığının gelişimini incelemek ve 1936-2021 yılları arasındaki sığır eti üretim miktarı verisini kullanarak ARIMA (Oto-regresif Entegre Hareketli Ortalama Yöntemi-Autoregressive Integrated Moving Average) yöntemi ile gelecek on yıllık üretim miktarının öngörüsünde bulunmaktır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmanın materyalini, Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edilen veriler ile ulusal ve uluslararası araştırmalar, kitap, tez, rapor, makale ve internet kaynakları oluşturmaktadır. Türkiye'de 2001-2021 döneminde besi sığırcılığının gelişiminin incelenmesinde EXCEL yazılımı kullanılmıştır. Sığır eti üretim miktarının 2022-2031 dönemi öngörüsünde ise EViews 12 yazılımı kullanılarak ARIMA yöntemi ile analiz edilmiştir.

Zaman serisi; değişkenlerin değerlerinin, zaman birimlerine (gün, ay, yıl vb.) göre değişimini içeren verilere denilmektedir (Tatoğlu, 2018). Oluşturulan veri setinin söz konusu dönemdeki izlediği gelişimi görme açısından gerekli olan zaman serilerinin çözümlenmesi için (Çamoğlu ve Akıncı, 2012), değişkenlerin zaman içerisinde aldıkları değerlerin bulunan örüntülerini kullanarak gelecek yıllarda alabileceği değerlerin tahmin edilmesi amacıyla zaman serisi analizi yapılmaktadır (Erturan, 2017).

ARIMA (Box-Jenkins) yöntemi, zaman serilerini analiz etmek için geliştirilen yöntemlerden biridir ve tek değişkenli zaman serilerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu yöntem, Oto-regresif Entegre Hareketli Ortalama Yöntemi (ARIMA) olarak da bilinmektedir (Özmen, 1986). Box and Jenkins'e (1976)

göre mevsimsel olmayan bir ARIMA modeli, Oto-regresif (AR) ve Hareketli Ortalama (MA) ile entegrasyon veya farklılaşma sırasının bir kombinasyonu olan ARIMA (p, d, q) ile gösterilmektedir (Yıldız ve Atış, 2019). Burada d farkı, p korelasyonu ve q hareketli ortalama katsayılarını ifade etmektedir. Genel olarak ARIMA model aşağıdaki gibidir (Dasyam et al., 2015);

$$W_t = \Phi_1 W_{t-1} + \Phi_2 W_{t-2} + \dots + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Bu eşitlik, ARMA modelindeki eşitlikte Y teriminin yerine W teriminin yazılmış şeklidir. Burada, durağan olmayan Yt sürecinin d derece farkı alınarak durağanlaştırılması sonucu Wt süreci elde edilmekte ve $\Delta t Y_t = W_t$ olarak yazılmaktadır (Özer ve İlkdoğan, 2013).

Zaman serilerinin modellenmesi ve öngörülmesi için kullanılan bu yöntemin ön koşulu durağanlıktır (Oruç ve Eroğlu, 2017). Araştırmada, öncelikle oluşturulan serinin durağan olup olmadığını belirlemek amacıyla Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey Fuller-ADF) Birim Kök testi uygulanmıştır (Dickey and Fuller, 1981).

ARIMA modellerini tahmin etmek için otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları (PACF), değişkenlerin durağanlığını ve ARIMA modelinin gecikme uzunluğunu belirleme aracı olarak kullanılmaktadır. AR modelinin uygun gecikme sayısını belirlemek için PACF kullanılmaktadır (Işıklar, 2016). Model serileri için, ACF ve PACF fonksiyonlarının yanı sıra BIC (Bayes Bilgi Kriteri) ve AIC (Akaike Bilgi Kriteri) kriterleri, p ve q katsayılarını belirlemede kullanılmaktadır (Mensah, 2015).

Çalışmada ACF ve PACF grafikleri elde edildikten sonra en uygun model belirlenerek analiz yapılmıştır.

3. Bulgular

3. 1. Türkiye'de besi sığırcılığının gelişimi

Sığırcılık, oluşturduğu katma değer ve istihdam bakımından ülke ekonomisine önemli katkıları olan bir sektördür (Demircan vd., 2006). Türkiye'de yıllar itibarıyla sığır ve manda varlığında dalgalanmalar olmakla birlikte 2001 yılı baz alındığında büyükbaş hayvan varlığı 2021 yılına kadar %68.79 oranında artarak 18.04 milyon başa ulaşmıştır. Bunun %98.97'sini sığır varlığı ve %1.03'ünü manda varlığı oluşturmaktadır. Sığır varlığı 2001 yılında 10.55 milyon baş iken %69.24 oranında artarak 2021 yılında 17.85 milyon başa ulaşmıştır. Manda varlığı ise 2001 yılında 138 bin baş iken, %34.78 oranında artarak 186 bin başa ulaşmıştır (Tablo 1).

Türkiye'de yıllar itibarıyla ırklara göre sığır varlığının gelişimi Tablo 2'de verilmiştir. Türkiye'de kültür ırkı sığır varlığı 2001 yılında 1.85 milyon baş iken, 4.8 kat artarak 2021 yılında 8.83 milyon başa ulaşmıştır. Melez sığır varlığı

2001 yılında 4.62 milyon baş iken, %65.39 oranında artarak 2021 yılında 7.64 milyon başa ulaşmıştır. Yerli sığır ırkı ise 2001 yılında 4.07 milyon baş iken, %66.00 oranında azalarak 2021 yılında 1.39 milyon başa düşmüştür. Türkiye'de yerli ırka göre daha yüksek et ve süt verimliliğine sahip olan kültür ve kültür melezi ırklarındaki artışa bakıldığında olumlu yönde bir gelişme olduğu görülmektedir.

Besicilik üretim faaliyetinin et üretiminde büyük payı bulunmaktadır. Beslenmeye katkısı ve kalkınma için gerekli sermayenin finansmanını oluşturması bakımından önemli bir sektör konumundadır (Eren, 2006; Ertek vd., 2016). Bununla birlikte besicilik, çeşitli hayvan yemleri ve endüstri kalıntılarının değerlendirilmesi, yeni istihdam alanı yaratması, gelir dağılımındaki dengesizliği ve düzensizliği gidermesi, bölgeler arası dengeli kalkınmanın gerçekleştirilmesi, iç ve dış pazarların kaliteli kırmızı et taleplerini karşılaması gibi avantajları ile ülke ekonomilerine önemli katkılar sağlamaktadır (Akçay, 2006; Gözener, 2013).

Kırmızı et talebinin karşılanmasında besi sığırcılığının payı oldukça yüksektir. Türkiye'de kesilerek çeşitli şekillerde yararlanılan büyükbaş hayvan sayıları Tablo 3'te verilmiştir. Türkiye'de kesilen sığır sayısı 2001 yılında 2.83 milyon baş iken, %81.24 oranında artarak 2021 yılında 5.13 milyon başa ulaşmıştır. Kesilen manda sayısı ise 2001 yılında 36 072 baş iken, %43.95 oranında artarak 51 925

başına ulaşmıştır. 2001-2021 döneminde toplam kesilen büyükbaş hayvan sayısı %80.77 5.18 milyon başa ulaşmıştır.

Türkiye'de kırmızı et üretiminde büyükbaş hayvanların payı Tablo 4'te verilmiştir. Kırmızı et üretiminde (1.95 milyon ton) büyükbaş hayvan eti üretiminin (1.47 milyon ton) payı 2021 yılında %75.39'dur. %24.61'lik pay ise küçükbaş hayvan eti üretimine ait olup büyükbaş hayvanlardan elde edilen et üretiminin küçükbaş hayvanlardan sağlanan et üretiminden yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye'de 2021 yılı itibarıyla büyükbaş hayvanlardan elde edilen kırmızı etin oransal olarak %99.25'i sığır etine aittir. Türkiye'de manda eti üretiminin toplam kırmızı et üretimi içindeki payının çok düşük olduğu görülmektedir. 2021 yılında manda eti üretiminin toplam kırmızı et üretimi içindeki payı %0.75'tir (Tablo 5).

Türkiye'de kesilen hayvan sayıları ve elde edilen verimler incelendiğinde, bakım ve beslenme koşullarındaki iyileşmeden dolayı geçmiş yıllara göre önemli verimlilik artışı olmuştur. Sığır eti üretiminde hayvan başına verim 2001 yılında 174 kg iken, %63.23 oranında artarak 2021 yılında 284 kg'a ulaşmıştır. Manda eti üretiminde ise hayvan başına verimlilik 2001 yılında 179.82 kg iken, %16.00 oranında artarak 2021 yılında 208.59 kg olmuştur (Tablo 6).

Tablo 1. Türkiye'de büyükbaş hayvan varlığının gelişimi

Yıllar	Sığır (bin baş)	%	İndeks	Manda (bin baş)	%	İndeks	Toplam (bin baş)	İndeks
2001	10548	98.71	100.00	138	1.29	100.00	10686	100.00
2006	10871	99.08	103.06	101	0.92	73.19	10972	102.68
2011	12386	99.21	117.43	98	0.79	71.01	12484	116.83
2012	13915	99.24	131.92	107	0.76	77.54	14022	131.22
2013	14415	99.19	136.66	118	0.81	85.51	14533	136.00
2014	14223	99.15	134.84	122	0.85	88.41	14345	134.24
2015	13994	99.05	132.67	134	0.95	97.10	14128	132.21
2016	14080	99.00	133.49	142	1.00	102.90	14222	133.09
2017	15944	99.00	151.16	161	1.00	116.67	16105	150.71
2018	17043	98.97	161.58	178	1.03	128.99	17221	161.15
2019	17688	98.97	167.69	184	1.03	133.33	17872	167.25
2020	17965	98.94	170.32	192	1.06	139.13	18157	169.91
2021	17851	98.97	169.24	186	1.03	134.78	18037	168.79

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 2. Türkiye'de ırklara göre sığır varlığının gelişimi

Yıllar	Kültür ırkı (bin baş)	%	İndeks	Kültür melezi (bin baş)	%	İndeks	Yerli (bin baş)	%	İndeks	Toplam (bin baş)
2001	1854	17.58	100.00	4620	43.80	100.00	4074	38.62	100.00	10548
2006	2772	25.50	149.51	4694	43.18	101.60	3405	31.32	83.58	10871
2011	4837	39.05	260.90	5121	41.34	110.84	2429	19.61	59.62	12387
2012	5679	40.82	306.31	5776	41.51	125.02	2459	17.67	60.36	13914
2013	5954	41.31	321.14	6112	42.40	132.29	2348	16.29	57.63	14414
2014	6179	43.44	333.28	6061	42.61	131.19	1983	13.94	48.67	14223
2015	6385	45.63	344.39	5734	40.97	124.11	1875	13.40	46.02	13994
2016	6589	46.80	355.39	5758	40.89	124.63	1733	12.31	42.54	14080
2017	7805	48.95	420.98	6536	40.99	141.47	1603	10.05	39.35	15944
2018	8419	49.40	454.10	7030	41.25	152.16	1593	9.35	39.10	17042
2019	8560	48.39	461.70	7555	42.71	163.53	1574	8.90	38.64	17689
2020	8838	49.20	476.70	7594	42.27	164.37	1533	8.53	37.63	17965
2021	8825	49.44	476.00	7641	42.80	165.39	1385	7.76	34.00	17851

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 3. Türkiye'de kesilen büyükbaş hayvan sayısı

Yıllar	Sığır (baş)	İndeks	Manda (baş)	İndeks	Toplam (baş)	İndeks
2001	2832912	100.00	36072	100.00	2868984	100.00
2006	2620559	92.50	23867	66.16	2644426	92.17
2011	3126378	110.36	19127	53.02	3145505	109.64
2012	3421960	120.79	19967	55.35	3441927	119.97
2013	3457477	122.05	21465	59.51	3478942	121.26
2014	3525209	124.44	23899	66.25	3549108	123.71
2015	3706346	130.83	25713	71.28	3732059	130.08
2016	3993893	140.98	27663	76.69	4021556	140.17
2017	4334034	152.99	29476	81.71	4363510	152.09
2018	4844711	171.02	32389	89.79	4877100	169.99
2019	4856517	171.43	35695	98.95	4892212	170.52
2020	4812902	169.89	40929	113.46	4853831	169.18
2021	5134441	181.24	51925	143.95	5186366	180.77

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 4. Türkiye'de kırmızı et üretiminde büyükbaş hayvanların payı

Yıllar	Büyükbaş et üretimi (bin ton)	%	Toplam kırmızı et üretimi (bin ton)	İndeks
2001	500	63.86	783	100.00
2006	519	68.71	755	96.33
2011	714	73.70	969	123.76
2012	794	74.38	1068	136.28
2013	803	73.09	1099	140.31
2014	821	73.08	1123	143.37
2015	867	73.07	1187	151.53
2016	962	73.77	1304	166.42
2017	1100	76.35	1440	183.87
2018	1288	77.49	1662	212.14
2019	1337	76.83	1741	222.20
2020	1350	75.58	1786	227.99
2021	1472	75.39	1952	249.19

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 5. Türkiye'de büyükbaş kırmızı et üretim miktarı

Yıllar	Sığır eti (bin ton)	%	Manda eti (bin ton)	%
2001	494	98.60	7	1.40
2006	514	99.23	4	0.77
2011	711	99.44	4	0.56
2012	790	99.50	4	0.50
2013	799	99.38	5	0.62
2014	816	99.39	5	0.61
2015	862	99.42	5	0.58
2016	956	99.38	6	0.62
2017	1094	99.45	6	0.55
2018	1281	99.46	7	0.54
2019	1330	99.48	7	0.52
2020	1341	99.41	8	0.59
2021	1461	99.25	11	0.75

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 6. Türkiye'de kesilen hayvan sayısı, et üretim miktarı ve verimi

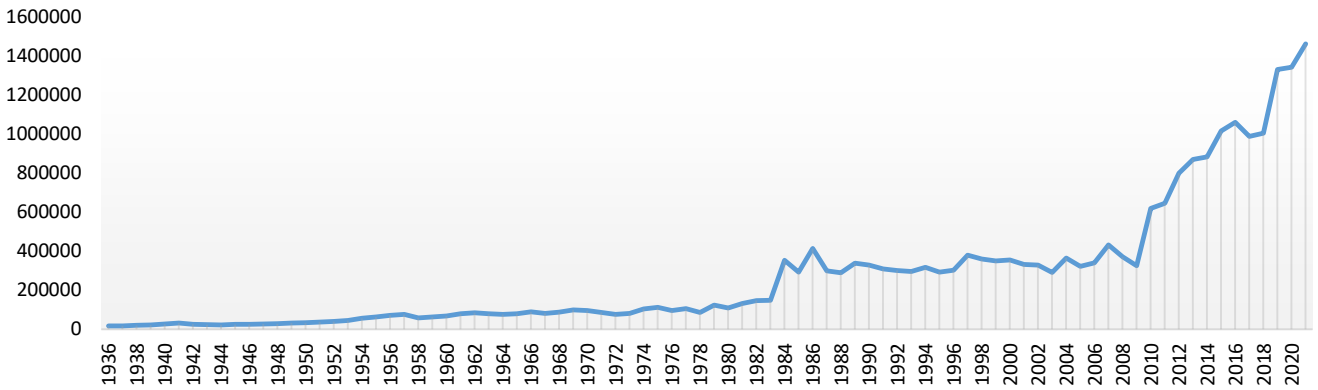
Yıllar	Kesilen sığır sayısı (baş)	Et üretim miktarı (ton)	Verim (kg/baş)	İndeks	Kesilen manda sayısı (baş)	Et üretim miktarı (ton)	Verim (kg/baş)	İndeks
2001	2832912	493763.37	174	100.00	36072	6486.44	179.82	100.00
2006	2620559	514042.00	196	112.54	23867	4441.73	186.10	103.49
2011	3126378	710652.09	227	130.42	19127	3780.16	197.63	109.91
2012	3421960	790034.43	231	132.46	19967	4027.06	201.69	112.16
2013	3457477	798783.90	231	132.55	21465	4579.61	213.35	118.65
2014	3525209	815673.78	231	132.75	23899	5003.65	209.37	116.43
2015	3706346	862098.12	233	133.45	25713	5300.43	206.14	114.64
2016	3993893	956180.38	239	137.36	27663	5469.90	197.73	109.96
2017	4334034	1093840.65	252	144.80	29476	5867.99	199.08	110.71
2018	4844711	1281234.27	264	151.73	32389	6514.88	201.14	111.86
2019	4856517	1330169.28	274	157.14	35695	7150.37	200.32	111.40
2020	4812902	1341445.52	279	159.91	40929	8424.17	205.82	114.46
2021	5134441	1460719.27	284	163.23	51925	10831.16	208.59	116.00

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

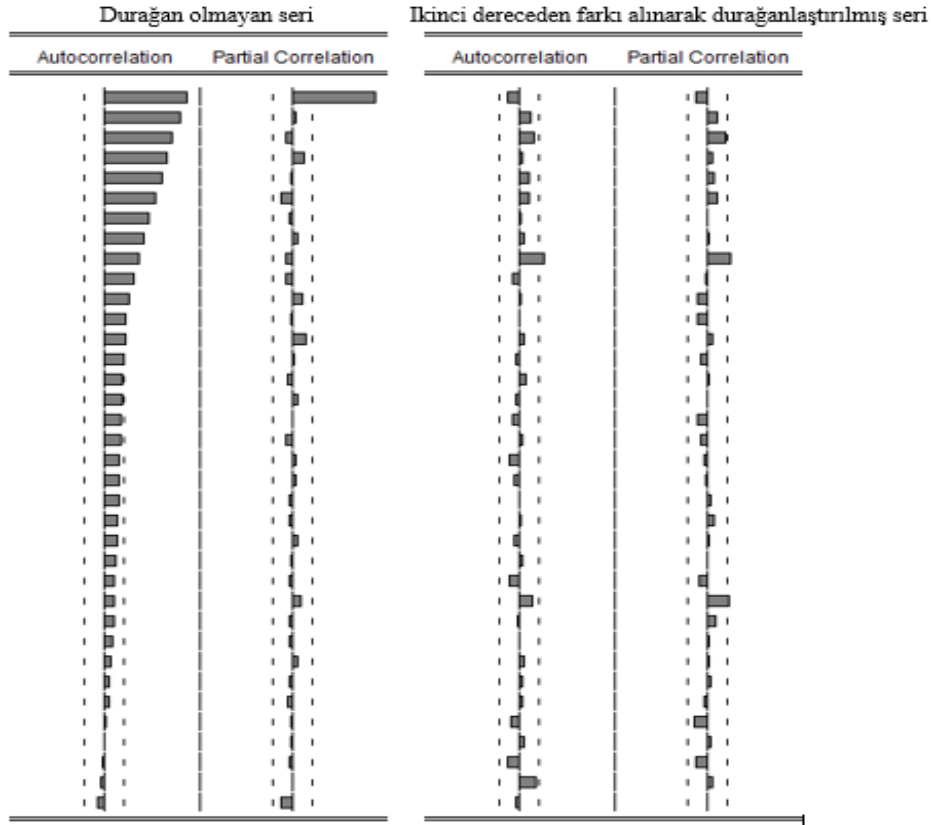
3. 2. Sığır eti üretim miktarının ARIMA modeli ile öngörüsü

Hayvansal ürünlerden biri olan sığır eti üretim miktarı öngörüsü için 1936-2021 dönemine ait yıllık zaman serisi kullanılmıştır. Türkiye'de yıllar itibariyle sığır varlığında ve kesilen sığır sayısındaki artışlara bağlı olarak sığır eti üretiminde de önemli düzeyde artış görülmüştür. Türkiye'de 1936 yılında sığır eti üretimi 16967 ton iken, 86 kat artarak 2021 yılında 1.46 milyon tona yükselmiştir (TÜİK, 2011). ARIMA (Box-Jenkins) modeli ile Türkiye'de sığır eti üretiminin 2031 yılına kadar tahmin edilmesinde kullanılan 1936-2021 dönemi zaman serisinin seyri Şekil 1'deki gibidir.

Şekil 1'de Türkiye'de yıllara göre kırmızı et üretim miktarının dalgalı bir seriye sahip olduğu görülmektedir. Bunu daha net görebilmek ve durağanlığını saptamak için otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) grafiklerine başvurulmuştur. ACF grafiğinde birçok gecikmeler güven sınırlarını aştığı için serinin durağan olmadığı görülmektedir. Bu durumda serinin, birinci dereceden fark alma işlemi uygulanarak trendden arındırılması yani durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Ancak birinci dereceden fark alma işleminde seri durağan hale gelmemiş ve tekrar fark alma işlemi yapılmıştır. İkinci dereceden farkı alınan serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Yıllar itibariyle Türkiye'de sığır eti üretim miktarı (ton)



Şekil 2. Durağan olmayan ve ikinci dereceden farkı alınmış serilerin ACF ve PACF grafikleri

Görsel incelemeye ek olarak durağanlığı test etmek için sayısal testler de vardır. Serinin durağan olup olmadığını genelleştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi ile sayısal olarak belirlenebilir. ADF testi serilerde birim kök olup olmadığını belirtmektedir. Birim kökün varlığı serinin durağan olmadığını göstermektedir. Düzey değerlere ilişkin ADF testi serinin durağan olmadığını, ikinci farkının alınması sonrasında ADF testi serinin durağan bir sürece sahip olduğunu, diğer bir ifadeyle birim kök içermediğini göstermektedir. Böylece ARIMA (p,d,q) modelinde entegrasyon derecesi I(2) olarak tespit edilmiştir. Türkiye sığır eti üretim değerlerine ait ADF sonuçları incelendiğinde test istatistiği 1.916730 kritik değerlerden büyük olduğu için serinin birim kök içerdiği anlaşılmaktadır. P değeri 1.000>0.05 olması serinin durağan olmadığını göstermektedir. Bu nedenle sığır eti üretim miktarlarının tahmin işleminden önce farkları alınarak durağan hâle getirilmiştir. İkinci derece farkları alındıktan sonra durağan hâle gelen sığır eti üretim değerlerine ait ADF test istatistiğinin (-9.495889) kritik değerlerden küçük olduğu ve serinin birim kök içermediği görülmektedir. Önem derecesinin (0.000) 0.05’ten küçük

olması serinin durağanlaştığını ve ARIMA ile tahmin için kullanılabileceğini göstermektedir (Tablo 7).

ARIMA modelleri arasında en iyi istatistiksel sonuç 2. farkta durağanlaşan ve 2. dereceden hata terimlerinin geçmiş değerleri ile ilişkili olduğunu gösteren ARIMA (0.2.2) modeli ile elde edilmiştir. Buna göre tüm değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup modelin R2 değeri %60.57 olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

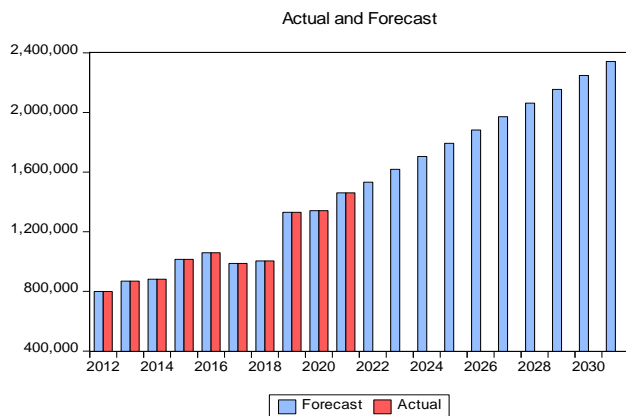
Şekil 3’te ARIMA (0.2.2) modeline ait sığır eti üretimi tahmin sonuçları verilmiştir. 2022-2031 döneminde Türkiye’de sığır eti üretim miktarında artış olacağı öngörülmektedir. 2021 yılında sığır eti üretimi 1.46 milyon ton iken %60.31 oranında artarak 2031 yılında 2.34 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir (Tablo 9). TÜİK’in nüfus projeksiyonu araştırmalarına göre Türkiye’nin 2031 yılında nüfusu 88929672 olacağı öngörülmektedir (TÜİK, 2022b). Et üretim miktarı ve nüfusta beklenen artışlardan dolayı uygun yatırım planlamaları ve üretim politikaları oluşturulmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Tablo 7. Sığır eti üretim değerlerine ait ADF test istatistiği değerleri

Durağan olmayan ADF testi	t-istatistiği	P- değeri	İkinci derece durağanlaştırılmış ADF testi	t-istatistiği	P- değeri
Genelleştirilmiş Dickey-Fuller Testleri	1.916730	1.000	Genelleştirilmiş Dickey-Fuller Testleri	-9.495889	0.000
Test kritik değerleri	%1 - 4.071006 %5 -3.464198 %10 -3.158586		Test kritik değerleri	%1 -4.075340 %5 -3.466248 %10 -3.159780	

Tablo 8. Sığır eti üretiminin ARIMA (0.2.2) modeline ilişkin istatistik sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Standart hata	P değeri
C	1044.485	1204.221	0.3883
MA(1)	-1.188167	0.090551	0.0000*
MA(2)	0.297910	0.079330	0.0003*
R ²	0.605699		
F-testi	40.96349		
AIC	24.97139		
SIC	25.08714		
HQ	25.01792		
Durbin Watson testi	2.027695		



Şekil 3. Türkiye’de sığır eti üretim miktarı öngörü grafiği

Tablo 9. 2022-2031 yılları arası sığır eti üretim tahmini (ton)

Yıllar	Üretim miktarı tahmini
2022	1532475
2023	1618211
2024	1704992
2025	1792818
2026	1881688
2027	1971602
2028	2062561
2029	2154565
2030	2247613
2031	2341705

4. Sonuç

Büyükbaş hayvancılık üretim faaliyeti, süt ve et üretimi içinde büyük payı olan tarımsal faaliyet kollarından biridir. Türkiye'de sığır varlığı 2001-2021 döneminde %69.24 oranında artış gösterirken, manda varlığı aynı dönemde %34.78 oranında artış göstermiştir. Aynı dönemde kültür ırkı sığır varlığı 4.76 kat, kültür melezi sığır varlığı %65.39 oranında artarken, yerli ırk sığır varlığı ise %66.00 oranında düşmüştür.

Türkiye'de kesilen büyükbaş hayvan varlığı 2001-2021 döneminde %80.77 oranında artış göstermiştir. Aynı yıllarda kesilen sığır varlığı %81.24 oranında, kesilen manda varlığı ise %43.95 oranında artış göstermiştir. Toplam kırmızı et üretimi içinde büyükbaş hayvanların payı yıllar itibarıyla artış göstermiş olup 2021 yılında %75.39 olmuştur. Büyükbaş hayvanlar içinde et üretiminin nerdeyse tamamı sığırlardan elde edilmiştir. Sığırlardan elde edilen hayvan başına et verimi ise 2001-2021 döneminde 1.63 kat artış göstererek 284 kilograma ulaşmıştır. Sığır eti üretiminde hayvan başına verim 2001-2021 döneminde %63.23 oranında, manda eti üretiminde ise hayvan başına verimlilik aynı dönemde %16.00 artış göstermiştir.

Görüldüğü üzere Türkiye'de yıllar itibarıyla sığır eti üretiminde önemli gelişmeler olmuştur. ARIMA yöntemi ile 1936-2021 yılları arasındaki sığır eti üretim miktarı verileri kullanılmıştır. Türkiye'de yıllara göre kırmızı et üretim miktarı dalgalı bir seriye sahiptir. Bunu daha net görebilmek ve durağanlığını saptamak için otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) grafiklerine başvurulmuştur. ACF grafiğinde birçok gecikmeler güven sınırlarını aştığı için serinin durağan olmadığı görülmektedir. ADF testi de serilerde birim kök olup olmadığını belirtmektedir. ADF sonuçlarına göre test istatistiği 1.916730 kritik değerlerden büyük olduğu için serinin birim kök içerdiği yani serinin durağan olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle sığır eti üretim miktarlarının tahmin işleminden önce farkları alınarak durağan hâle getirilmiştir. İkinci derece farkları alındıktan sonra durağan hâle gelen sığır eti üretim değerlerine ait ADF test istatistiğinin (-9.495889) kritik değerlerden küçük olduğu ve serinin birim kök içermediği görülmektedir. En iyi istatistiksel sonuç 2. farkta durağanlaşan ve 2. dereceden hata terimlerinin geçmiş değerleri ile ilişkili olduğunu gösteren ARIMA (0.2.2) modeli ile elde edilmiştir. ARIMA (0.2.2) modelinden yararlanılarak gelecek on yıllık sığır eti üretim miktarı tahmin edilmiştir. Modelin tüm değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup R² değeri 0.61 olarak tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye'de sığır eti üretiminin gelecek on yıllık dönemde artacağı beklenmektedir. 2021 yılında sığır eti üretimi 1.46 milyon ton iken %60.31 oranında artarak 2031 yılında 2.34 milyon ton olması beklenmektedir. Bu öngörü neticesinde, kesimhane ve et işleme tesislerinin

geliştirilmesi ve yeterli sayıya ulaştırılması, bu alanda çalışacak nitelikli insan işgücünün sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bulguların, politika yapıcılara, büyükbaş hayvan üreticilerine, et işleme alanında yatırım yapmak isteyen girişimcilere ve bu konuda çalışma yapmak isteyen araştırmacılara yararlı bilgiler sunacağı beklenmektedir.

Yazar Katkı Oranları

Aslı DALGIÇ: Araştırma, Metodoloji, Kaynak/Materyal/Malzeme Temini, Veri İyileştirme, Orijinal Taslak Yazımı, Görseleştirme.

Deniz SARICA: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri İyileştirme, İnceleme ve Düzenleme, Denetim.

Vecdi DEMİRCAN: 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.

Kaynakça

- Akçay, Y. (2006). Tokat-Turhal Sığır Besiciliği İşletmelerinin Yatırım Analizi ve Karlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. No: 68. Araştırma Serisi No: 23. Tokat.
- Bayraç, H. N. & Çemrek, F. (2011). *AB uyum sürecinde Türkiye'de hayvancılık sektörünün yapısal analizi ve geliştirmeye yönelik politikalar*. Ekonomik Yaklaşım Kongreler Dizisi, Ankara.
- Çamoğlu, S., & Akıncı, M. (2012). Türkiye'de sektörel banka kredilerinin gelişimi: Bir zaman serisi analizi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 193-210.
- Çiçek, H. (2002). Afyon ili sığır besiciliği işletmelerinde kârlılık ve verimlilik analizleri. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Dasyam, R., Pal, S., Rao, V. S., & Bhattacharyya, B. (2015). Time series modeling for trend analysis and forecasting wheat production of India. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(2), 303-308.
- Demircan, V., Dernek, Z., & Yılmaz, H. (2006). *Türkiye ve Avrupa birliği sığırçılık sektörünün karşılaştırmalı olarak incelenmesi*. 7. Türkiye Tarım Ekonomisi Kongresi. Antalya.

- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for auto-regressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Eren, E. (2006). Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde sığır besiciliği yapan işletmelerin yapısı ve sorunları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Ertek, N., Demir, N., & Aksoy, A. (2016). Sığırçılık işletmelerinde kooperatif üyeliğini etkileyen faktörlerin analizi: TRA bölgesi örneği. *Alinteri Dergisi*, 30(B), 38- 45.
- Erturan, M. B. (2017). Zaman serileri için optimize ARIMA – YSA Hibrit modeli ve finansal Zaman serileri ile örnek uygulamalar. Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- Gözener, B. (2013). TR83 bölgesinde sığır yetiştiriciliğine yer veren işletmelerin ekonomik analizi ve teknik etkinlik. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Tokat.
- Işıklar, Z. E. (2016). İMKB ulusal 100 endeksi getiri volatilitésinin analizi üzerine bir araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 12, 245-260.
- Mensah, E. K. (2015). *Box-Jenkins Modelling and Forecasting of Brent Crude Oil Price*. Munich Personal RePEc Archive, MPRA Paper No:67748 pp.
- Oruç, K. O., & Eroğlu, Ş. Ç. (2017). Isparta ili için doğal gaz talep tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 31-42.
- Özer, O.O., & İlkdoğan, U. (2013). Box-Jenkins model yardımıyla dünya pamuk fiyatının tahmini. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(10), 13-20.
- Özmen, A. (1986). *Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntem ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi*. Anadolu Üniversitesi Yayınları No:201, Eskişehir, 110 s.
- Polat, B. K. (1997). Ankara ili sığır besi işletmelerinde kârlılık ve verimlilik analizleri. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Sakarya, E., & Günlü, A. (1996). Limuzin x Jersey (F1) melezi ve Holştayn Irkı tosunlarda optimal besi süresinin tespiti üzerine bir araştırma. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 43, 113-120.
- Sakarya, E., Cevger, Y., & Uysal, G. (2000). *Türkiye’de Kırmızı Ette Fiyat Oluşumu ve Etkili Faktörler. Türkiye’de Üretimden Tüketime Et Sempozyumu*. Veteriner Hekimler Derneği 20-21 Ekim 2000, Ankara.
- Tatoğlu, F. Y. (2018). Panel Veri Ekonometrisi. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Yayın No:3802, *İşletme-Ekonomi Dizisi: 979*, İstanbul, ISBN: 978-605-242-281-6, 334 s.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2011). İstatistik göstergeler 1923-2010. Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası Yayın No: 3641, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2022a). Erişim adresi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=79&locale=tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2022b). Erişim adresi <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2013-2075-15844>
- Yıldız, M. Y., & Atış, E. (2019). Türkiye organik kuru incir ihracı fiyatının ARMA yöntem ile tahmini. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 141-147.

Yağ Gülü (*Rosa damascena* Miller)'nde Çoğaltım Materyallerinin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Caner YALMANLI¹, Sabri ERBAŞ^{*1,2}, Murat MUTLUCAN²

Öz: Bu çalışmada yağ gülünde çoğaltım materyallerinin (kesme dikim ve fidan dikim metodu) verim ve kalite özelliklerine üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülen çalışmada parsellerde çiçeklenme ile birlikte çiçeklenme başında, ortasında ve sonunda olmak üzere üç dönemde çiçek hasadı yapılmıştır. Hasat zamanlarına göre çiçeklenme başlangıcından sonuna kadar çiçek çapı, petal yaprak oranı ve 100 çiçek ağırlığı azalmıştır. Çiçek verimi en yüksek çiçeklenme ortası dönemde daha yüksek alınırken, çoğaltım materyallerine göre çiçek veriminde farklılık gözlenmemiştir. Uçucu yağ oranı çiçeklenme periyodu boyunca azalmış ve çoğaltım materyaline göre en yüksek kesme dikim metodundan elde edilmiştir. Uçucu yağ verimi kesme dikim metodunda daha yüksek bulunmuştur. Uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde β -sitronellol oranı çiçeklenme başından sonuna doğru her iki çoğaltım materyalinde artarken, geraniol oranı ise çiçeklenme ortasına kadar artmış ve sonrasında azalmıştır. Sonuç olarak; yağ gülünde özellikle hastalık ve zararlıların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde veya organik olarak planlanan üretimlerde fidan dikim yöntemi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Çoğaltım materyali, Yağ gülü, *Rosa damascena*, Verim, Kalite

The Effect of Yield and Quality Characters of Propagation Materials in Oil Bearing Rose (*Rosa damascena* Miller)

Abstract: The aim of the study was to investigate the effect of propagation materials (cut planting and seedling planting method) on yield and quality characteristics of oil rose. In the study, which was carried out according to the experimental design of divided plots, flower harvesting was carried out in the plots at the beginning of flowering, in the middle and at the end. According to the harvest times, flower diameter, petal content and 100 flower weights decreased from the beginning to the end of flowering. While flower yield was highest in the mid-flowering period, no difference was observed in flower yield according to propagation materials. The essential oil content decreased during the flowering period and the highest was obtained from the cutting planting method compared to the propagation materials. The essential oil yield was higher in the cutting planting method. When the essential oil components were examined, the content of β -citronellol increased from the beginning to the end of flowering in both propagation materials, while the content of geraniol increased from the beginning to the middle of flowering in both propagation materials, and decreased rapidly towards the end of flowering. As a result; seedling planting method can be recommended especially in regions where diseases and pests are concentrated or in organically planned productions.

Keywords: Propagation material, Oil bearing rose, *Rosa damascena*, Yield, Quality

1. Giriş

Dünyada kokulu güller içerisinde tarımı yapılan ve çiçeklerinden gül yağı elde edilen türler *Rosa damascena*

Miller, *R. gallica* L., *R. alba* L., *R. centifolia* L., *R. bourboniana* Desp., *R. moschata* Herrm. ve *R. rugosa* L.'dir. Bu gül türleri içerisinde çiçeklerinde yüksek oranda gül yağı ve yüksek kalitede koku moleküllerini içeren ve

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 13-24, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 13-24, 2023

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

Alınış (Received): 16/12/2022
Kabul (Accepted): 20/03/2023

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

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Gül ve Aromatik Bitkiler Uygulama ve
Araştırma Merkezi, Isparta, Türkiye.

özellikle parfüm ve kozmetik sektöründe en fazla kullanılan tür *R. damascena*'dır (Erbaş ve Baydar, 2016). Son yıllarda dünyada gül çiçeği (*R. damascena*) üretiminde önemli artışlar gözlenmiş ve 2021 yılı verilerine göre 45 bin tona yükselmiştir. Dünya gül yağı üretimi ortalama 6-6.5 ton, konkret üretimi ise ortalama 14-16 ton civarında olup, Türkiye küresel pazarda gül yağı üretiminin %30'una, gül konkriti üretiminin ise %90'ına sahiptir. Türkiye'de toplanan gül çiçeğinin yaklaşık %55-60'ı gül yağı ile gül suyu üretiminde, %40-45'i gül konkriti ile gül absolütü üretiminde ve %1'i ise gıda amaçlı olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de 2022 yılı itibarıyla yaklaşık 2250 kg gül yağı, 13 ton gül konkriti, 3.5 ton gül absolütü ve 1.1 ton feniletal alkol üretilmiştir. Üretilen distilasyon ve ekstraksiyon ürünlerinin tamamına yakını ihraç edilmekte olup, ihracatta yaklaşık %88'lik payla ilk sırayı AB ülkeleri almaktadır. Toplam ihracatın %61'i Fransa'ya yapılmaktadır. Bu sırayı Almanya (%18.4), İngiltere (%12.2), ABD (%2.9), İsviçre (%2.0), Bahreyn (%1.7), Hindistan (%1.6) ve S. Arabistan (%1.4) izlemektedir (Anonim, 2023).

Yağ gülü tarımının yoğun yapıldığı Göller Yöresinde 2022 yılında 41.668 da alanda yağ gülü tarımı yapılmıştır. 2022 yılı verilerine göre yağ gülü üretim alanının %82.3'ü Isparta'da (34.274 da), %8.7'si Burdur'da (3.625 da), %6.4'ü Afyonkarahisar'da (2.650 da) ve %2.5'i Denizli'de (1.057 da) yapılmıştır. Isparta ilinde Keçiborlu (17.500 da), Gönen (5.750), Merkez (4.355 da) ve Eğirdir (3.200 da) yağ gülü üretiminin en yoğun yapıldığı yerler olup, ülkemiz toplam gül üretim alanlarının %73.9'una sahip olmuştur. Bu üretim alanlarındaki 2022 yılı çiçek miktarı 18.879 ton olarak kaydedilmiştir. Toplam çiçeğin %85.2'si Isparta'da, %9.8'i Burdur'da, %4.0'ı Afyonkarahisar'da ve %0.01'i Denizli'de toplanmıştır (Anonim, 2023).

Yağ gülü bitkisi; yüksek ışık yoğunluğunun olduğu, tomurcuklanma zamana kadar yeterli yağışa sahip olan ve çiçeklenme döneminde (Mayıs ve Haziran) kuraklık, don veya yüksek sıcaklık olaylarının olmadığı, sabahın erken saatlerinde bitkilerin üzerine çığ düşen bölgelerde başarılı ve ekonomik bir şekilde yetiştirilmektedir. Sabahın erken saatlerinde (06:00-10:00) günlük toplanan yağ gülü çiçekleri geleneksel bakır imbiklerde, fabrika tipi bakır veya krom-nikel kazanlarda su distilasyonu tekniği ile damıtılarak gül yağı ve gül suyu elde edilmektedir. Ayrıca ekstraksiyon tesislerinde *n*-hekzan ekstraksiyonu ile konkret ve konkretten de etil alkol ekstraksiyonu ile absolüt elde edilir (Aydın ve Tutaş, 2003; Kürkcüoğlu ve Başer, 2003; Aycı vd., 2005). Normal fabrika koşullarında, 3-4 ton taze gül çiçeğinin damıtılmasıyla 1 kg gül yağı (ortalama uçucu yağ verimi %0.035), 350-400 kg taze gül çiçeğinin *n*-hekzan ekstraksiyonu ile 1 kg konkret (ortalama konkret verimi %0.25) ve 1 kg konkretten de etil alkol ekstraksiyonu ile 0.5-0.6 kg absolüt (ortalama absolüt verimi %55-60) elde edilmektedir (Baydar vd., 2007; Baydar vd., 2013; Erbaş ve Baydar, 2016).

Dünyada gül yağı ISO 9842:2003 ve Türkiye'de ise TS 1040:1971 standartları temel alınarak belirlenmektedir. Ülkemizde üretilen gül yağları "Türk gül yağı" olarak dünya koku endüstrisinde yerini almıştır. Türk gül yağlarının uçucu bileşenleri incelendiğinde gül yağının koku bileşenlerinin sitronellol, linalool, geraniol ve nerol gibi monoterpen alkollerden oluştuğu, bunun yanında eikosan, nonadesan, heneikosan, nonadesen ve trikosan gibi uzun zincir yapısına sahip hidrokarbonlar, murolen ve humulen gibi seskiterpenler, geranial ve geranil asetat gibi aldehit ve esterler, metil öjenol gibi oksit ve eterler ile öjenol gibi fenollerden oluştuğu rapor edilmiştir (Anaç, 1984; Başer, 1992; Bayrak ve Akgül, 1994; Başer vd., 2003; Yorulmaz Salman ve Erbaş, 2014; Erbaş ve Baydar, 2016; Mirzaei vd., 2016; Önder vd., 2022).

Peyzaj güllerinden farklı olarak yağ gülü gençlik evresi uzun (1-2 yıl) ve sınırsız büyüme özelliğinde olan çok yıllık çalı formunda olan bir gül türüdür. Diğer taraftan yağ gülünde çiçeklenme zamanında düşük konsantrasyonda içsel gibberellik asit seviyesine, çiçeklenme zamanı dışında yüksek GA₃ seviyesine sahip olması nedeniyle diğer süs güllerine göre sadece bir sezonda çiçeklenebilmektedir. Diğer taraftan süs güllerinde yıl boyu düşük GA₃ seviyesi olmasından dolayı bütün mevsimlerde sonbahar donları düşene kadar çiçeklenmelerini sürdürürler (Zimmerman vd., 1985; Evans ve Barton, 1997; Le Bris, 2003). Çok yıllık çalı formundaki yağ güllerinin aksiller tomurcukları güz mevsiminde farklılaşırlar, kış mevsimini dormant olarak geçirirler ve ilkbaharda çiçeklenmeye başlarlar. Işıklanma süresi ve şiddeti, sıcaklık derecesi ve değişimi, sukroz katabolizması gibi birçok faktör çiçek tomurcuğu oluşumunu ve açılmasını etkilediği belirtilmiştir (Remay vd., 2009; Kovacheva, 2010; Önder vd., 2023).

Yağ gülü, hem tohumlarıyla generatif olarak hem de sürgün çelikleriyle vejetatif çoğaltılabilen bir bitkidir. Ancak çok az sayıda ve çok güç çimlenen, üstelik genetik olarak açılan yağ gülü tohumları ıslah çalışmaları dışında yetiştiricilikte tohumluk olarak kullanılmamaktadır (Kazaz vd., 2010). Yağ gülünün ekilen tohumlarından ortaya çıkan fidanlar (döl) arasında heterozigot allel genler açılma göstererek çok farklı sayılarda, çok farklı renklerde güllerin ortaya çıktığı rapor edilmektedir (Baydar ve Kazaz, 2013; Baydar vd., 2016; Baydar vd., 2021).

Isparta'da çok eski bir klonal çoğalma yöntemi olan kesip ve yatırma tekniği ile yağ gülü dikimleri yapılmaktadır. Verimden düşmüş yağ gülü bahçelerinden gençleştirme sonrası ortaya çıkan budama artığı çelikler dikim materyali olarak değerlendirilmektedir. Güz aylarında 40 cm genişlik ve 50 cm derinlikte açılan çukurlara çelikler yatay bir şekilde uçları birbirinin ucuna gelecek şekilde yatırılır ve üzerinde yaklaşık 10 cm kalınlıkta iyi bir şekilde yanmış çiftlik gübresi veya toprak ile karıştırılmış toprak kapatılır. Açılan 2.5-3.0 metre aralıklı çukurlar eğimli arazilerde eğime dik olarak, düz arazilerde ise güney-kuzey yönünde

oluşturulur. Yağ gülü plantasyonları soğuk esen rüzgar yönüne kapalı, bahar geç donlarından daha az zarar göreceği, çoğunlukla güneye bakan ve hafif meyilli olan arazilere tesis edilmektedir (Baydar ve Kazaz, 2013; Efecan vd., 2022).

Yağ gülü bahçeleri kesme tekniği ile tesis edilmesine rağmen, bu dikim sistemi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Verimi azalmış yaşlı bahçelerdeki bitkiler toprak yüzeyinden biçilerek gençleştirme budaması yapılmakta ve budanan 1.0-1.5 m uzunluğundaki bitki çelikleri yeni bahçe tesisinde çoğaltım materyali olarak kullanılmaktadır. Eğer gençleştirilen bahçede hastalık ve zararlı böcek popülasyonu var ise yeni kurulan bahçeye bunlarda taşınmaktadır. Bu yüzden, yeni bahçe tesisinde zararlı ve hastalıklardan arı çelikler dikim materyali olarak tercih edilmelidir. Geleneksel kesme tekniğinin dezavantajını gidermek için, Bulgaristan uzun yıllardır sürgün çeliklerini köklendirerek elde ettikleri tüplü fidanları çoğaltım materyali olarak kullanmaktadır. Günümüzde organik yağ gülü tarımına öneminin artmasıyla, özellikle çoğaltım materyallerinin sağlıklı olması organik tarımın başarılı bir şekilde yapılması için ilk adımdır. Zira mevcut yağ gülü bahçelerinin çoğunluğunun hastalık ve zararlılarla bulaşık halde olması nedeniyle hastalık ve zararlılardan arı yağ gülü fidanlar ile bahçe tesisi edilmesi önemli bir ihtiyaçtır. Ancak yağ gülü çeliklerinin köklendirilmesi çeliklerde kambiyum dokusunun ince olması ve kesilen bölgede fenolik madde birikimine bağlı olarak kararmalar nedeniyle oldukça zordur. Bunun yanında çelik alma şekli ve zamanı, çelik kalınlığı ve uzunluğu, çeliğin dokusundaki karbonhidrat ve oksin miktarı, kullanılan hormonlar ve dozları gibi birçok faktör köklenme başarısı üzerine büyük etki yapmaktadır (Hartmann vd., 2002; Pati vd., 2004; Rosier vd., 2006; Daneh-louaipour vd., 2006; Demirbaş, 2016).

Fidan dikimi ve kesme tekniği ile oluşturulmuş arazilerde fidan dikimi metodunun erkencilik, araziden tasarruf, enerji tasarrufu, sağlıklı üretim, verim, homojen üretim, soğuktan koruma gibi avantajlarının olacağı bilinmektedir. Bu çalışmada yağ gülünde (*Rosa damascena* Miller) çoğaltım materyallerinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kesme yatırma tekniği ve tüplü fidan ile 2016 yılında dikilen ve 2020 yılında 2. verim yaşına ulaşan yağ gülü (*Rosa damascena* Miller) bitkileri materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmanın tarla denemeleri Isparta ili Keçiborlu ilçesinin Senir kasabasında bulunan Mehmet Ali AKSAKAL'a ait yağ gülü bahçesinde, laboratuvar analizleri ise Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür.

Kesme tekniği yöntemine göre ekonomik verim çağını tamamlamış yaşlı yağ gülü bahçesinden (15 yaşında) gençleştirme budaması amacı ile toprak üstünden 1.0-1.5 m uzunluğundaki yapraksız ve dormant durumdaki bitki çelikleri 2016 yılı Kasım ayında budanmıştır. Budanan bitki çelikleri hızlı bir şekilde 50 cm derinlik ve 40 cm genişlikte açılan karıklara uç uca olacak şekilde yatırılmış ve üzerlerine yaklaşık 10 cm kalınlıkta toprak veya iyi yanmış ahır (çiftlik) gübresiyle karıştırılarak iyice sıkıştırılmış ve üzeri toprak ile örtülmüştür. Sıra arası 3 m tutulmuştur. Tüplü fidan dikimi yönteminde 2016 yılı Eylül ayında 1 yıllık odunsu ve yarı odunsu sürgünlerinden 8-12 cm uzunluğunda 3-5 gözlü alınmış çelikler Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait köklendirme serasında 1.000 ppm indol bütirik asit ile köklendirilmiş ve Kasım ayında plastik fidan tüplerine şaşırtılmıştır. Yağ gülü fidanları 2017 yılı Nisan ayında 3 m sıra arası ve 50 cm sıra üzeri olacak şekilde dikilmiştir. Her iki çoğaltım materyalinin dikimi tesadüf blokları deneme desenine göre 2 sıra ve 10 m uzunluğunda ve 3 tekerrürlü olacak şekilde (10 m × 6 m × 3 tekerrür = 180 m²) ayarlanmıştır.

Kesme dikim tekniği yöntemine göre oluşturulan parsellerde 2017 yılı Mayıs ayında ilk çıkışlar görülmeye başlanmış ve her iki çoğaltım yönteminde de bu araştırmanın yürütüldüğü 2020 yılına kadar aşağıdaki standart bakım, gübreleme ve ilaçlama programı uygulanmıştır. Her yıl şubat ayında parsellerdeki bitkilerde çırpma budama yapılmış ve deneme alanları damla sulama ile sulanmıştır. Deneme parsellerine kış ayında 40 kg/da 10-18-12 + (20 SO₃) taban gübresi atılmıştır. Bitkilerin sürgün gözlerinin uyanmaya başladığı dönemde 1 lt fulvik asit, 2 kg 10-52-10 (N-P-K) ve 1 kg mikro besin gübrelemesi [Bor 1.3 w/w, Bakır 2.2 w/w, Demir 7 w/w, Mangan 8 w/w, Molibden 0.03 w/w, Çinko 4.3 w/w], çiçeklenmeden 15 gün öncesinden başlayarak 10 gün arayla 3 defa 2 kg/da mikro besin içerikli gübre damlama sulama ile verilmiştir. Diğer taraftan bitkilerde yaprak uçları görülmeye başladığı dönemde 15 kg/da bordo bulamacı atılmış ve yağ gülünde yoğun rastlanan yaprak biti, gül koşnili, gül filiz arısı, külleme, pas ve kara leke ile mücadele için önerilen pestisitler standart uygulama şeklinde uygulanmıştır.

Parsellerde çiçeklenme 01.05.2020 yılında başlamış ve çiçek hasadı işlemi çiçeklenme başı (1-7. gün), ortası (8-14. gün) ve sonu (15-21. gün) olmak üzere üç dönemde yapılmıştır. Hasat günlük olarak sabahın erken saatlerinde (06:00-08:00) elle yapılmış ve ağırlıkları tartılmıştır. Hasat döneminde toplanan çiçeklerde çiçek verimi (kg/da), petal yaprak oranı (%), çiçek çapı (cm), korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı (adet) ve 100 çiçek ağırlığı (g) gibi agronomik özellikler ile uçucu yağ oranı (%), uçucu yağ verimi (g/da), konkret verimi (%) ve randımanı (kg konkret/kg çiçek), absöüt verimi (%) ve randımanı (kg absöüt/kg konkret) ve uçucu yağ kompozisyonu (%) gibi kalite özellikleri incelenmiştir.

Uçucu yağ oranı üç farklı hasat döneminde parsellerde toplanan taze çiçekler su distilasyonu işlemi ile belirlenmiştir. Distilasyon işleminde 500'er g taze çiçek Clevenger hidrodistilasyon cihazında 5 L'lik balona doldurulmuş ve üzerine 1.5 L su ilave edilerek 3 saat süreyle damıtılmıştır (European Pharmacopoeia, 1975). Konkret ve absolüt verimi ve randımanı ise Khan ve Rehman (2005) ile Erbaş vd. (2023) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir

Elde edilen gül yağı, gül koncreti ve gül absolütünün uçucu yağ bileşenleri SDÜ Yenilikçi Teknolojiler Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan GC-MS (Gas chromatography/Mass spectrometry) cihazında (QP-5050 quadrapole detektörlü Shimadzu 2010 Plus) belirlenmiştir. GC-MS çalışma koşulları: Kapiler kolon olarak CP-Wax 52 CB (50 m × 0.32 mm. 0.25 µm)'nin kullanıldığı analizlerde fırın sıcaklık programı dakikada 10 °C artarak 60 °C'den 220 °C'ye ulaştı ve 220 °C'de 10 dakika kadar bekletilmiştir. Toplam analiz süresi 60 dakika, enjektör sıcaklığı 240 °C ve detektör sıcaklığı 250 °C'dir. Taşıyıcı gaz olarak helyum (2 mL/dakika, split 1:20) gazı kullanılmıştır. Bileşenlerinin tanımlanmasında Wiley, Nist, Tutor, FFNSC kütüphanesinden yararlanılmıştır.

İncelenen özelliklere ilişkin verilerin varyans analizleri Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak SAS (1999) istatistik programı yardımıyla yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD (%5) ile kontrol edilmiştir. Ayrıca çiçek verimi ve uçucu yağ veriminde toplam verimlilik için verilen tesadüf blokları deneme desenine göre analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD (%5) ile kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Yağ gülünde çoğaltım materyali ve hasat zamanının agronomik ve kalite özellikleri üzerine etkisine ilişkin

varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı, 100 çiçek ağırlığı, uçucu yağ verimi, uçucu yağ oranı, konkret ve absolüt verimi ve randımanı için çoğaltım materyalleri arasında önemli istatistiksel farklılıklar tespit edilirken, korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı dışında bütün özellikler için hasat zamanları önemli bulunmuştur. Hasat zamanı × Doz interaksyonuna bakıldığında korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı, uçucu yağ verimi ile konkret verimi ve absolütü için istatistiki farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 1).

Yağ gülünde hasat periyodu boyunca çiçek çapında değişiklikler görülmüştür. Çiçeklenme periyodu boyunca çiçek çapının azaldığı tespit edilmiş olup, çiçeklenme başında 5.80 cm olan çiçek çapı çiçeklenme sonunda 4.92 cm'ye düşmüştür. Çoğaltım materyaline göre çiçek çapında herhangi bir farklılık gözlenmemiş olup, ortalama kesme dikim metodunda 5.36 cm ve fidan dikim metodunda 5.35 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Yağ gülünde çiçeklenme sonuna doğru havaların ısınması ve bitkilerde çok fazla tomurcuk oluşmasından dolayı çiçek çapının küçüldüğü ve çiçeklenme periyodu boyunca çiçek çapının 6.35'den 5.74 cm'ye gerilediği bildirilmiştir (Efecan vd., 2022). Diğer taraftan bir yağ gülü çiçeğinin taze olarak ortalama 7.5 cm çapında olduğu ve 2.5 g geldiği rapor edilmektedir (Baydar ve Erbaş, 2016).

Yağ gülünde hasat periyodu boyunca petal yaprak oranında değişiklikler görülmüştür. Çiçeklenme periyodu boyunca petal yaprak oranının azaldığı tespit edilmiş olup, çiçeklenme başında %75.7 olan petal yaprak oranı çiçeklenme sonunda %70.8'e düşmüştür. Çoğaltım materyaline göre petal yaprak oranında herhangi bir farklılık gözlenmemiş olup, ortalama kesme dikim metodunda %73.8 ve fidan dikim metodunda %73.4 olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Yağ gülü çiçeklerinde petal yapraklar diğer çiçek organlarına göre yaklaşık 4 kat fazla uçucu yağ içerdiğinden petal yaprak oranı arttıkça uçucu

Tablo 1. Yağ gülünde agronomik ve kalite özellikleri üzerine çoğaltım materyalleri ve hasat zamanının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (F değerleri)

Kaynak	SD	ÇÇ	PYO	KÇTS	100ÇA	ÇV		UYV		UYO	Konkret		Absolüt	
						TBBPD	TB	TBBPD	TB		V	R	V	R
Blok	2	354.2**	2.1	1.0	0.5	2.8	2.8	1.5	4.1	1.1	1.2	1.5	1.5	1.6
Çoğaltım Materyali	1	2.0	0.4	23.2**	8.1*	0.5	0.5	19.8**	55.9*	8.1*	27.2**	26.4**	11.5**	11.4**
(ÇM)														
Hata-1	2	477.6**	1.2	0.7	1.3	1.0		0.4		0.6	0.4	0.4	1.7	1.4
Hasat zamanı	2	5438.0**	23.5**	3.2	39.1**	189.0**		379.9**		12.2**	51.4**	52.9**	37.6**	36.6**
(HZ)														
ÇM × HZ	2	0.1	0.4	5.0*	2.2	22.3		68.7**		2.1	6.5*	5.7*	1.3	1.4
Hata-2	8													
VK (%)		1.3	1.8	5.7	3.1	6.5	3.8	5.5	1.9	10.2	2.6	2.7	2.5	2.5

*: P<0.05; **: P<0.01; SD: serbestlik derecesi; VK: varyasyon katsayısı; SD: Serbestlik Derecesi; ÇÇ: Çiçek Çapı; PYO: Petal Yaprak Oranı; KÇTS Korimbustaki Çiçek Tomurcuğu Sayısı; 100ÇA: 100 Çiçek Ağırlığı; ÇV: Çiçek Verimi; UYV: Uçucu Yağ Verimi; UYO: Uçucu yağ Verimi; TBBPD Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni; TB: Tesadüf Blokları; V: Verim; R: Randıman

Tablo 2. Yağ gülünde agronomik ve kalite özellikleri üzerine hasat zamanı ve gibberellik asit uygulamasının etkisi

Hasat zamanı	Çiçek çapı (cm)			Petal yaprak oranı (%)			Çiçek tomurcuğu sayısı (adet/korimbus)		
	Kesme	Fidan	Ort.	Kesme	Fidan	Ort.	Kesme	Fidan	Ort.
Ç. Başı	5.81	5.80	5.80 A ¹	75.6	75.8	75.7 A	20.5 b	25.6 a	23.0
Ç. Ortası	5.34	5.34	5.34 B	75.0	74.0	74.5 B	20.6 b	23.8 a	22.2
Ç. Sonu	4.92	4.91	4.92 C	71.0	70.6	70.8 C	20.9 b	21.4 b	21.2
Ort.	5.36	5.35		73.8	73.4		20.9 B	23.6 A	
	100 çiçek ağırlığı (g)			Çiçek verimi (kg/da)			Uçucu yağ verimi (g/da)		
Ç. Başı	287.0	285.6	286.3 A ¹	312.6	243.4	278.0 B	152.63 a	96.43 d	124.53 B
Ç. Ortası	270.3	260.0	265.2 B	322.7	359.9	341.4 A	125.57 c	140.30 b	132.93 A
Ç. Sonu	255.0	233.6	244.3 C	130.8	179.4	155.1 C	47.70 e	43.30 e	50.50 C
Ort.	270.7 A	259.7 B		255.4*	260.9		108.63 A	96.68 B	
Toplam				766.1**	782.8		325.90 A	290.0 B	
	Uçucu yağ oranı (%)			Konkret verimi (%)			Konkret randımanı (kg konkret/kg çiçek)		
Ç. Başı	0.049	0.040	0.045 A	0.261 ab	0.260 ab	0.261 A	382.4 c	384.3 c	383.4 B
Ç. Ortası	0.039	0.039	0.039 B	0.278 a	0.250 a-c	0.264 A	359.1 d	399.0 bc	379.1 B
Ç. Sonu	0.037	0.030	0.033 C	0.239 bc	0.220 c	0.230 C	418.1 b	453.5 a	435.8 A
Ort.	0.042 A	0.036 B		0.260 A	0.243 B		386.5 B	435.8 A	
	Absolüt verimi (%)			Absolüt randımanı (kg absolüt/kg konkret)			¹ Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir. *: Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme planına göre analiz edilmiş, *: Tesadüf bloklarına göre analiz edilmiş		
Ç. Başı	67.3	65.3	66.3 A	1.49	1.53	1.51 C			
Ç. Ortası	63.6	59.6	61.6 B	1.57	1.68	1.63 B			
Ç. Sonu	59.3	58.1	58.7 C	1.69	1.72	1.70 A			
Ort.	63.4 A	61.0 B		1.58 B	1.66 A				

yağ veriminin de yüksek olması beklenir. Normal yağ gülünde petal yaprak oranı ortalama %75 olduğundan, tarımsal uygulamalar ile bu değerden daha yüksek petal yaprak oranına sahip olan çiçekler elde edilmesi büyük önem taşımaktadır (Baydar ve Erbaş, 2016). Ancak petal yaprak oranı ortalama %75 oranında olsa da hasat zamanına ve iklime bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Nitekim Baydar vd. (2013), taze olarak toplanan gül çiçeklerinin ağırlıkça %71.6'sını petal (taç) yapraklar ve %28.4'ünü erkek ve dişi organlarla çanak yaprakları içeren sepal yapraklar oluşturduğunu rapor etmiştir. Mevcut araştırma da kontrol grubunda çiçeklenme başı ve ortasına göre çiçeklenme sonunda petal yaprak oranının azaldığı görülmektedir. Bu durum çiçeklenme sonuna doğru gidildikçe hava sıcaklıklarının yükselmesi ve nisbi nemin düşmesine bağlı olarak, yağ gülü çiçeklerinde nem kaybının artmasından kaynaklanabilir. Nitekim Baydar ve Erbaş (2016) ve Efegan vd. (2022) yağ gülünde hasat zamanına bağlı olarak çiçek ağırlıklarının ve uçucu yağ oranının değiştiğini ve petal yaprak oranının %65-75 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Hasat periyodu boyunca petal yaprak oranında değişiklikler görülmüştür. Çiçeklenme periyodu boyunca petal yaprak oranının azaldığı tespit edilmiş olup,

çiçeklenme başında %75.7 olan petal yaprak oranı çiçeklenme sonunda %70.8'e düşmüştür. Çoğaltım materyaline göre petal yaprak oranında herhangi bir farklılık gözlenmemiş olup, ortalama kesme dikim metodunda %73.8 ve fidan dikim metodunda %73.4 olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Yağ gülü çiçeklerinde petal yapraklar diğer çiçek organlarına göre yaklaşık 4 kat fazla uçucu yağ içerdiğinden petal yaprak oranı arttıkça uçucu yağ veriminin de yüksek olması beklenir. Normal yağ gülünde petal yaprak oranı ortalama %75 olduğundan, tarımsal uygulamalar ile bu değerden daha yüksek petal yaprak oranına sahip olan çiçekler elde edilmesi büyük önem taşımaktadır (Baydar ve Erbaş, 2016). Ancak petal yaprak oranı ortalama %75 oranında olsa da hasat zamanına ve iklime bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Nitekim Baydar vd. (2013) taze olarak toplanan gül çiçeklerinin ağırlıkça %71.6'sını petal (taç) yapraklar ve %28.4'ünü erkek ve dişi organlarla çanak yaprakları içeren sepal yapraklar oluşturduğunu rapor etmiştir. Çalışmada kontrol grubunda çiçeklenme başı ve ortasına göre çiçeklenme sonunda petal yaprak oranının azaldığı görülmektedir. Bu durum çiçeklenme sonuna doğru gidildikçe hava sıcaklıklarının yükselmesi ve nisbi nemin düşmesine bağlı olarak, yağ gülü çiçeklerinde nem kaybının artmasından kaynaklanabilir. Nitekim Baydar ve Erbaş (2016) ve Efegan vd. (2022) yağ gülünde hasat

zamanına bağlı olarak çiçek ağırlıklarının ve uçucu yağ oranının değiştiğini ve petal yaprak oranının %65-75 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yağ gülünde çiçekli sürgünlerin, çiçekli olmayan sürgünlerden daha fazla sitokinin benzeri maddeler içerdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, sürgünler, yaklaşık olarak tomurcuk patlama zamanında sitokinin-kinetin (10 ppm) ile muamele edildiğinde, muamele edilmiş bitkiler muamele edilmemiş sürgünlerden daha fazla çiçek ürettiği bildirilmektedir. Ancak kinetine tepki olarak çiçek açan sürgünlerin sayısındaki artışın, sürgünlerin dallanmasındaki bir artıştan mı yoksa potansiyel olarak vejetatif sürgünlerin çiçekli sürgünlere dönüşmesinden mi kaynaklandığı açık değildir (Farooqi vd., 1994).

Yağ gülünün hasat periyodu boyunca korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısında değişiklik görülmemiştir (Tablo 1). Çiçeklenme başında 23.0 adet olan korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı çiçeklenme sonunda 21.2 adete gerilemiştir. Çoğaltım materyallerine göre korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı kesme dikim metodunda 20.9 adet ve fidan dikim metodunda 23.6 adet olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Efecan vd. (2022) yağ gülünde korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısının çiçeklenme periyodu boyunca değişmediğini ve 19.9-20.3 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Yağ gülünde korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısı oluşumu üzerine PP333 uygulamasının yapıldı araştırmada (Misra vd., 2005) bitkilerin vejetatif gelişiminin azaldığı ve çiçek tomurcuğu oluşumunun ve çiçeklenmenin arttığını rapor etmişlerdir. Aynı zamanda PP₃₃₃ uygulanan parsellerde en yüksek çiçekli sürgün sayısının PP₃₃₃ + NO₃ formu azot ve MnCl₂ uygulamasından (26 adet/bitki) elde edildiğini rapor etmiştir. Parsellere standart miktarda mangan içerikli gübrelemenin yapılması korimbustaki çiçek tomurcuğu sayısında farklılık oluşmamasının diğer bir nedeni olabilir.

Çiçeklenme periyodu boyunca 100 çiçek ağırlığının azaldığı tespit edilmiş olup, çiçeklenme başında 286.3 g olan 100 çiçek ağırlığı çiçeklenme sonunda 244.3 g düşmüştür. Diğer taraftan çoğaltım materyallerine göre 100 çiçek ağırlığı kesme dikim metodunda 270.7 adet ve fidan dikim metodunda 259.7 adet olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Efecan vd. (2022) yağ gülünde çiçeklenme periyodu boyunca çiçek çaplarının küçülmesine bağlı olarak 100 çiçek ağırlığının 298.0 g'dan 232.5 g'a azaldığını bildirmiştir. Diğer taraftan Baydar ve Erbaş (2016), yağ gülünde 100 çiçek ağırlığının ortalama 250 g civarında olduğunu bildirmişlerdir. Çoğaltım materyallerine göre 100 çiçek ağırlıklarında farklılıkların meydana gelmesi kesme dikim metodunda bitkilerin köklerinin daha derinlere kadar inmesi ve su ve besin elementlerinden daha etkin bir şekilde faydalanmasından kaynaklı olabilir.

Yağ gülü tarımında çiçek veriminin artırılması en önemli yetiştiricilik amaçlarından birisidir. Yağ gülünde çiçeklenme düşük rakımlı yerlerde Nisan sonu-Mayıs

başında başlarken, yüksek rakımlı yerlerde çiçeklenme başlangıcı Mayıs ortası-sonuna kadar kayabilmektedir. Ancak çiçeklenme sezonu 2 ay sürmesine rağmen, bir yağ gülü bahçesinde çiçeklenme periyodu 20-24 gün sürmektedir. Çiçeklenme periyodu 21 gün sürmüş ve çiçeklenme başı 1-7 gün, çiçeklenme ortası 8-14 gün ve çiçeklenme sonu ise 15-21 gün olarak her gün toplanan çiçekler kaydedilmiştir. Çiçeklenme başında ortalama 278.0 kg/da taze çiçek toplanırken, çiçeklenme ortasında 241.4 kg/da ve çiçeklenme sonunda 155.1 kg/da çiçek toplanmıştır. Çoğaltım materyallerine göre çiçeklenme periyodu boyunca kesme dikim metodunda toplam 766.1 kg/da ve fidan dikim metodunda toplam 782.8 kg/da taze gül çiçeği verimi elde edilmiştir (Tablo 2). Yağ gülünün çiçek verimi; bahçenin rakımı ve yöneyi, yaşı ve budaması, sulama ve gübreleme, iklim ve toprak durumu gibi faktörlere bağlı olarak 250-1.000 kg arasında değişir. Genel olarak 5 da büyüklüğünde bir gül bahçesinden yaklaşık 3.5 ton kadar çiçek toplanır ve toplanan bu çiçekler damıtıldığında sadece 1 kg gül yağı üretilir (Kara vd., 2017). Yağ gülünde çiçeklenme periyodu boyunca toplanan çiçek miktarı eşit oranda olmayıp sezon ortasında en yüksek çiçek toplama verimine ulaşmaktadır. Nitekim Baydar vd. (2013) yağ gülünde 20-24 günlük çiçeklenme sezonu boyunca toplanan çiçek miktarının %15-20'sinin çiçeklenme başlangıcında, %55-65'inin çiçeklenme ortasında ve %20-25'inin ise çiçeklenme sonunda toplandığını rapor etmiştir. Çalışmamızda genel ortalamaya göre toplanan çiçeklerin %35.8'i çiçeklenme başında, %44.1'i çiçeklenme ortasında ve %20.0'si çiçeklenme sonunda elde edilmiştir. Efecan vd. (2022) yağ gülünde çiçeklenme başında ortalama 216.4 kg/da taze çiçek toplanırken, çiçeklenme ortasında 410.5 kg/da ve çiçeklenme sonunda 189.6 kg/da çiçek toplamıştır.

Yağ gülünde uçucu yağlar özel parankima hücrelerinde depolanmakta, ancak çiçeğin tüm organlarında uçucu yağ sentezlenmesine rağmen, petal yapraklarda daha fazla uçucu yağ bulunmaktadır (Baydar vd., 2013). Çiçeklerde uçucu yağ oranı en fazla çiçeklenme başında (%0.045) tespit edilmiş, sonraki hasat dönemlerinde azalmış ve çiçeklenme ortasında %0.039 ve sonunda ise %0.033 olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Baydar vd. (2013) yağ gülünde hasat zamanı boyunca çiçeklerdeki uçucu yağ oranının çiçeklenme başı ve ortasında yüksek olduğu, çiçeklenme sonuna doğru ise azaldığını rapor etmişlerdir. Baydar ve Göktürk Baydar (2005) tarafından yapılan bir araştırmada, çiçeklenme sezonu süresince ilerleyen haftalara doğru uçucu yağ oranının azalış gösterdiği (%0.040'tan %0.032'ye) tespit edilmiştir. Efecan vd. (2022) yağ gülü çiçeklerinde uçucu yağ oranı en fazla çiçeklenme ortası dönemde %0.032 olarak ve çiçeklenme başı ve sonunda ise %0.025 olarak tespit etmiştir. Baydar ve Erbaş (2016) ile Akdaş ve Baydar (2018) çiçeklenme sezonunun ortasında toplanan yağ gülü çiçekleri bütün (tam) olarak damıtıldığında ortalama %0.030-0.035 oranında, aynı çiçeklerin sadece petal yaprakları ayrılıp damıtıldığında

%0.055-0.060 oranında ve petal yaprakları dışında kalan kısımlar (sepal+pistil+stamen) damıtıldığında ise %0.015-0.021 oranında uçucu yağ verimi elde edildiğini rapor etmişlerdir. Sonuçlarımız araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Diğer taraftan çalışmamızda çiçeklenme başı ve ortasında uygun nispi nem ve sıcaklığa bağlı olarak uçucu yağ sentezinin yüksek olduğu ve çiçeklenme sonunda ise artan hava sıcaklığı ile çiçeklerden uçucu yağ kaybının fazla olmasından dolayı uçucu yağ oranının düştüğü düşünülmektedir. Çoğaltım materyallerine göre uçucu yağ oranının kesme dikim yönteminde daha yüksek bulunması bitkilerin derinlere inen kök yapısı nedeniyle daha fazla bünyesinde su tuttuğu ve çiçeklenme periyodu boyunca iklime bağlı olarak daha az uçucu yağ kaybetmesinden kaynaklanabilir.

Endüstriyel açıdan yağ gülü tarımında birim alandan yüksek uçucu yağ veriminin alınması hedeflenmektedir. Ancak uçucu yağ veriminin artırılması için hem çiçek veriminin hem de uçucu yağ oranının artırılması ile olabilir. Aynı zamanda yüksek uçucu yağ verimi ve kalitesi için yağ gülünün bahçelerde erken toplanması kadar damıtma tesislerinde erken damıtılması da önemlidir. Çiçeklenme başında distilasyon ile ortalama 124.53 g/da uçucu yağ verimi alınırken, çiçeklenme ortasında 132.93 g/da ve çiçeklenme sonunda 50.50 g/da uçucu yağ elde edilmiştir. Çoğaltım materyallerine göre kesme dikim metodu (325.9 g/da) fidan dikim metoduna (290.0 g/da) göre daha yüksek miktarda uçucu yağ verimi vermiştir (Tablo 2).

Isparta ilinde yağ gülü yetiştirme sezonu olan mayıs ve haziran aylarında çiçeklenme başlangıcı ve ortasında sabahın erken saatlerinde çiğ düşmekte ve çiçeklenme sonuna doğru havaların ısınmasıyla birlikte çiçeklerde nem kaybı ve uçucu yağ kaybı yaşanmaktadır. Diğer taraftan çiçeklenme başı ve ortası dönemde sabahın erken saatlerinde hasat yapılmakta ve çiçekler fabrikaya getirilerek özellikle çiçek hasadının yoğun olarak yapıldığı çiçeklenme ortasında hasattan sonra çiçekler fabrikalara getirilerek bekletilmektedir. Çiçeklenme sonuna doğru havanın daha da ısınması ile birlikte çiçekler damıtmaya kadar bekleme süresi boyunca daha fazla sıcaklığa maruz kalmakta ve uçucu yağ kaybı çiçeklenme başı ve ortası döneme göre daha fazla olmaktadır (Baydar ve Göktürk Baydar, 2005; Baydar vd., 2007, 2008). Diğer taraftan Efecan vd. (2022) Uçucu yağ verimini çiçeklenme başında ortalama 54.4 g/da çiçeklenme ortasında 131.5 g/da ve çiçeklenme sonunda 49.3 g/da olarak ölçmüştür ve mevcut sonuçlarla da uyumludur.

Çoğaltım materyali ile hasat zamanına göre konkret verimi ve randımanı önemli bir şekilde etkilenmiştir. Hasat zamanına göre en yüksek konkret verimi çiçeklenme başı ve ortası dönemde sırasıyla %0.261 ve %0.264 olarak ölçülmüştür. Çiçeklenme sonunda ise çiçeklerin konkret verimi %0.230'a gerilemiştir. Konkret randımanına göre 1

kg konkret elde etmek için çiçeklenme başında 383.34 kg çiçek gerekirken, çiçeklenme ortasında 379.05 kg ve çiçeklenme sonunda 435.82 kg çiçek gerekmektedir. Kesme dikim metodunda en yüksek konkret verimi (%0.260) ve en iyi konkret randımanı (386.53 kg/da) elde edilmiştir (Tablo 2). Yağ gülü çiçeğinden n-hekzan ekstraksiyonu kullanılarak elde edilen konkret verimlerinin Türkiye (Kürkçüoğlu ve Başer, 2003), Bulgaristan (Garnero ve Buil, 1976) ve Pakistan'da (Khan ve Rehman, 2005) yaklaşık %0.25 (400 kg taze çiçekten 1 kg) olduğu bildirilmiştir. Erbaş ve Baydar (2016), Isparta koşullarında yetiştirilen yağ gülü çiçeklerinden %0.30 oranında (336.2 kg çiçekten 1 kg) konkret randımanı elde etmiştir. Efecan vd. (2022) yağ gülünde hasat zamanına göre en yüksek konkret verimi ve randımanı çiçeklenme ortası dönemden sırasıyla %0.26 ve 392.3 kg/kg çiçek olarak belirlerken, en düşük konkret verimi ve konkret randımanını sırasıyla %0.21 ve 479.4 kg/kg çiçek olarak çiçeklenme sonunda ölçmüştür. Çalışmamızda hasat zamanına ve çiçeklerde uçucu yağ oranının azalmasına bağlı olarak konkret veriminin azaldığı, bundan dolayı da konkret randımanının yükseldiği düşünülmektedir.

Hasat zamanına göre absöüt verimi en yüksek çiçeklenme başında (%66.28) elde edilmiş ve çiçeklenme sonuna (%58.72) doğru azalmıştır. Bir kg absöüt üretmek için çiçeklenme başında 1.51 kg konkret gerekli iken, çiçeklenme sonuna doğru bu miktar 1.70 kg koncrete yükselmiştir. Çoğaltım materyallerine göre kesme dikim metodunda bir kg absöüt elde etmek için 1.58 kg konkret (verim %63.42) ekstraksiyona tabi tutulurken, fidan dikim metodunda 1.66 kg (verim %0.98) koncrete ihtiyaç bulunmaktadır (Tablo 2). Yağ gülü konkretinden elde edilen gül absöütü verimlerinin %62 ile %68 arasında değiştiği bildirilmiştir (Aydınlı ve Tutaş, 2003; Kürkçüoğlu ve Başer, 2003; Aycı vd., 2005). Ancak nadiren %50'ye kadar düştüğü de rapor edilmiştir (Garnero ve Buil, 1976). Erbaş ve Baydar (2016) farklı çözücüler kullanılarak elde edilen yağ gülü konkretlerinden etil alkol ekstraksiyonu ile %52.1-70.9 arasında absöüt verimleri elde etmişler, en yüksek absöüt veriminin %70.9'e kadar ulaştığını ve 1.41 kg konkretten 1 kg absöüt elde etmişlerdir. Khan ve Rehman (2005) yağ gülü çiçeklerinden elde edilen konkretlerden çiçek üzerinden %0.03 absöüt verimi tespit etmişlerdir. Diğer taraftan Akdaş (2018) yağ gülünde farklı hasat dönemlerinde toplanan çiçeklerde absöüt veriminin çiçeklenme başında %69.9, ortasında %74.8 ve sonunda %69.9 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Efecan vd. (2022) Isparta koşullarında absöüt verimini çiçeklenme başında %67.5, ortasında %64.6 ve sonunda %58.6 olarak rapor etmişlerdir. Çalışmamızda çiçeklerde uçucu yağ oranının azalmasına bağlı olarak absöüt veriminin azaldığı ve böylece absöüt randımanının yükseldiği düşünülmektedir.

Kesme dikim metodu ile oluşturulan parsellerde çiçeklenme başında ve ortasında elde edilen uçucu

Tablo 3. Yağ gülünde çoğaltım materyali ve hasat zamanının uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi

Rt	Bileşen	ISO 9842-2003	Çiçeklenme başı		Çiçeklenme ortası		Çiçeklenme sonu	
			Fidan	Kesme	Fidan	Kesme	Fidan	Kesme
6.683	α -Pinene			0.35		0.13		0.21
8.091	Sabinene			0.04				
8.298	β -Pinene			0.11				0.05
8.741	β -Myrcene		0.02	0.16		0.08		0.15
11.994	γ -Terpinene			0.02				
14.317	Linalool		0.51	0.94	0.44	0.52	0.49	0.36
14.545	Nonanal							
14.873	<i>cis</i> -Rose oxide		0.09	0.05		0.08		0.07
14.982	Phenethyl alcohol	<3.5	0.20	0.30	0.11	0.14		
15.795	<i>trans</i> -Rose oxide					0.02		
19.096	4-Terpineol		0.23	0.19	0.03	0.10	0.12	
20.066	α -Terpineol		0.12		0.13			
22.233	Nerol	5.0-12.0	12.18	10.82	10.20	10.51	5.84	5.06
22.548	β -Citronellol	20.0-34.0	32.98	25.65	30.37	25.10	35.22	30.83
22.937	Z-Citral		2.46	2.03	1.61	1.94	0.26	0.36
24.182	Geraniol	12.0-22.0	29.29	33.67	32.31	33.81	24.71	22.59
24.897	E-Citral		0.86	0.72	0.38	0.42	0.19	0.21
30.239	Citronellyl acetate		1.72	1.82	1.46	1.44	1.18	0.78
30.796	Neryl acetate		0.31	0.35	0.21	0.22		0.06
32.088	Linalyl acetate		3.47	5.03	2.62	3.36	1.09	2.40
32.609	β -Elemene		0.32	0.29	0.14	0.23	0.24	0.30
33.461	Methyleugenol		1.80	1.24	1.18	0.82	0.37	0.23
34.375	Caryophyllene		0.91	0.91	0.44	0.59	0.93	0.99
35.487	α -Guaierene		0.70	0.67	0.35	0.41	0.50	0.71
36.623	α -Humulene		0.49	0.51	0.21	0.27	0.45	0.54
38.267	Germacrene-D		1.77	1.63	0.81	0.95	1.58	1.85
39.625	α -Bulnesene		0.50	0.44	0.34	0.37	0.41	0.47
39.896	Pentadecane		0.24	0.26	0.19	0.12	0.53	0.80
40.020	α -Farnesene		0.06					0.10
45.941	Hexadecane						0.11	0.17
50.305	(E)-9-Eicosene						0.08	0.18
51.726	Heptadecane	1.0-2.5	0.41	0.54	1.04	1.21	3.03	3.58
57.199	Octadecane				0.05		0.37	0.43
61.000	Z-5-Nonadecene		1.02	1.30	1.73	1.83	3.82	5.10
62.598	Nonadecane	8.0-15.0	3.79	5.84	8.51	8.73	8.44	8.47
67.441	Eicosane		0.42	0.77	0.75	0.83	1.83	2.46
72.305	Heneicosane	3.0-5.5	1.51	2.86	3.50	4.31	4.78	4.02
76.781	Docosane						0.05	0.18
80.717	(Z)- 9-Tricosene						0.20	0.48
81.201	Tricosane		0.24	0.52	0.58	0.87	1.83	2.36
85.404	Tetracosane							0.12
89.458	Pentacosane				0.14	0.31	0.68	1.43
97.116	Heptacosane				0.15	0.28	0.66	1.63
104.247	Nonacosane							0.25
105.083	Tetratetracontane		1.38					
TOPLAM			100.0	100.0	99.9	100.0	99.9	99.9
Bileşen sayısı			30	31	29	31	30	37

yağlarda 31 adet bileşen belirlenirken, çiçeklenme sonunda 37 adet bileşen belirlenmiştir. Diğer taraftan fidan dikim metoduna göre oluşturulan parsellerde ise çiçeklenme başında ve sonunda 30 adet ve çiçeklenme ortasında ise 29 adet uçucu yağ bileşeni tespit edilmiştir. Yağ gülünün en önemli monoterpen alkolü olan β -

sitronellol çiçeklenme başından çiçeklenme sonuna kadar kesme dikim metodunda %25.65'ten %30.83'e artarken, fidan dikim metodunda %32.98'den %35.22'ye yükselmiştir. Geraniol oranı ise her iki dikim metodunda çiçeklenme başından ortasına kadar artış gösterirken, çiçeklenme sonuna doğru hızlı bir şekilde düşmüştür.

Çoğaltım materyallerine göre en fazla düşüş kesme dikim metodunda %33.81'den %22.59'a olmuştur. Diğer taraftan nerol oranı ise çiçeklenme periyodu boyunca azalış göstermiştir ve her iki çoğaltım materyalinde de en yüksek çiçeklenme başında tespit edilmiştir. Çiçeklenme periyodu boyunca kesme dikim metodunda nerol oranı %10.82'den %5.06'ya, fidan dikim metodunda ise %12.18'den %5.84'e gerilemiştir. Hasat zamanı ve çoğaltım materyallerine göre ISO 9842:2003 standartlarına uygunluğuna bakıldığında nerol (%5.0-12.0) için fidan dikim metodu çiçeklenme başı (%12.18), β -citronellol (%20.034.0) için fidan dikim metodu çiçeklenme sonu ve geraniol (12.0-22.0) için bütün çoğaltım materyalleri için hasat sezonu boyunca standartların dışında değerler sergilediği görülmektedir (Tablo 3).

Hidrokarbon yapısındaki bileşenler incelendiğinde; heptadecane, nonadecane ve heneicosane oranı bütün çoğaltım materyallerinde çiçeklenme periyodu boyunca artış göstermiştir. Heptadecane çiçeklenme sezonu boyunca kesme dikim metodunda %0.54'ten %3.58'e ve fidan dikim metodunda %0.41'den %3.03'e yükselmiştir. Nonadecane oranı ise çiçeklenme periyodu boyunca çoğaltım materyallerine göre (kesme ve fidan dikim) sırasıyla %5.84'ten 8.47'ye ve %3.79'dan 8.44'e; heneicosane oranı ise sırasıyla %2.86'dan 4.02'ye ve %1.51'den %4.78'e artış göstermiştir. Bu bileşenlerin ISO 9842:2003 standartlarına uygunluğuna bakıldığında heptadecane (%1.0-2.5) için her iki çoğaltım materyalinde çiçeklenme sonunda, nonadecane (%8.0-15.0) için her iki çoğaltım materyalinde çiçeklenme başında standartların dışında değerler elde edilmiştir. Heneicosane (%3.0-5.5) ise çalışmada standartlara uygun değerler yansıtmıştır. Benzer şekilde eicosane, tricosane, pentacosane ve heptacosane bileşenleri düşük oranlarda belirlenmiş ve çiçeklenme periyodu boyunca bütün çoğaltım materyallerinde artma eğiliminde olmuştur.

Mutagenik ve alerjik reaksiyonlara neden olduğu ileri sürülen ve fenilpropanoid olan metil öjenol standart endüstriyel proseste elde edilen gül yağında çoğunlukla %0.5-2.0 civarında bulunmasına rağmen, gül yağında hiç veya belirli sınırlar arasında bulunması istenmektedir (MESC, 2000; Harris, 2002; Rusanov vd., 2012). Koku verici olarak metil öjenolün halihazırda parfümlerde %0.3-0.8 oranında, krem ve losyonlarda %0.01-0.05 oranında, sabun ve deterjanlarda %0.02-0.2 oranında kullanıldığı rapor edilmektedir (NTP, 2000). Çalışmamızda ise çiçeklenme periyodu boyunca bütün dikim metodlarında azalış göstermiştir. Bu azalış kesme dikim metodunda %1.24'ten 0.24'e ve fidan dikim metodunda %1.80'den %0.37'ye olmuştur (Tablo 3). Parfüm ve kozmetik endüstrisinin en önemli ham maddelerinden birisi olan Türk gül yağlarında metil öjenol oranı çoğunlukla %2'nin (bazen % 4'ün) üzerine çıkmaktadır. Özellikle geç toplanan ve fabrikada bekletilerek geç damıtılan fermente olmuş

güllerden elde edilen gül yağlarında metil öjenol oranı yükselmekte, diğer taraftan özellikle tam açılmamış olarak toplanan çiçeklerden, erken saatte toplanan çiçeklerden ve toplanır toplanmaz bekletilmeden hemen damıtılan çiçeklerden elde edilen gül yağlarında metil öjenol miktarı düşük çıkmaktadır (Baydar ve Göktürk Baydar, 2005; Baydar vd., 2007; Baydar vd., 2008). Diğer taraftan Baydar ve Erbaş (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, standart gül yağında sadece %1.26 oranında belirlenen metil öjenol petal yapraklarda iz düzeyde (%0.004) iken stamenlerde %5.49 oranında bulunmuştur. Çalışmamızda çiçeklerin erken saatlerde toplanması (06:00-08:00 arası) ve hızlıca damıtılması nedeniyle metil öjenol miktarı bütün çoğaltım materyallerinde ve hasat zamanı boyunca düşük oranda tespit edilmesinin nedeni olabilir.

Baydar vd. (2013) çiçeklenme sezonu boyunca β -citronellol oranının %19.3'ten %37.7'ye arttığını, geraniol oranının %42.4'ten %13.0'e ve nerol oranının %9.8'den %4.0'e azaldığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar kaliteye olumsuz etkisi olan methyl eugenol oranının ise %0.7'den %1.7'ye artış gösterdiği saptamışlardır. Diğer taraftan Baydar ve Göktürk Baydar (2005) yağ gülünde hasat zamanına göre linalool hariç, diğer bütün uçucu yağ bileşenlerinin etkilendiğini rapor etmiştir. Hasat zamanına göre geraniol ve nerol içeriğinin çiçeklenme periyodu boyunca sırasıyla %6.2 ve %37.1 oranında azaldığını, β -citronellol içeriğinin ise %29.7 oranında arttığını rapor etmişlerdir. Sonuçlarımız methyl eugenol bileşeni dışında diğer araştırmacılarla benzerlik göstermektedir. Bileşenlerde oransal olarak görülen farklılıklar iklim ve zamana bağlı değiştiği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmamızda geranioldeki azalmanın çiçeklenme periyodu boyunca artan sıcaklığa bağlı olarak citronellole dönüşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Baydar ve Göktürk Baydar (2005) bu iki bileşik arasında negatif bir ilişki (***) olduğunu ve hatta geraniol ve nerol arasında da pozitif bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir.

Yağ gülünde çiçeklenme periyodu boyunca uçucu yağ oranı ve bileşenleri önemli bir şekilde değişmektedir. Efcan vd. (2022) yağ gülünde hasat sezonu boyunca gül yağlarında β -citronellol oranının çiçeklenme başlangıcından çiçeklenme sonuna kadar %18.34'ten %21.59'a arttığını, geraniol oranının ise %36.69'dan %22.23'e gerilediğini, nerol oranının çiçeklenme periyodu boyunca artış gösterdiğini ve en yüksek çiçeklenme ortası dönemde (%7.88) olduğunu, hidrokarbon yapısındaki bileşenlerden nonadecane ve nonadecane oranı çiçeklenme periyodu boyunca sırasıyla %1.44 ve %16.50'den %2.56 ve %20.66'ya artış gösterdiğini ve methyl eugenol oranının ise çiçeklenme periyodu boyunca %0.70-0.85 arasında değiştiğini bildirmiştir. Sonuçlarımız Efcan vd. (2022)'nin sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Zira çalışmamız bu araştırma ile aynı çevre koşullarında yürütülmüştür.

4. Sonuç

Hasat zamanı ve çoğaltım materyali yağ gülünde agronomik ve kalite özelliklerini önemli bir şekilde etkilemiştir. Hasat zamanlarına göre çiçeklenme başlangıcından sonuna kadar çiçek çapı, petal yaprak oranı ve 100 çiçek ağırlığı azalmıştır. Çiçek verimi en yüksek çiçeklenme ortası dönemde iken, çoğaltım materyallerine göre çiçek veriminde farklılık gözlenmemiştir. Uçucu yağ oranı çiçeklenme periyodu boyunca azalmış ve çoğaltım materyaline göre en yüksek kesme dikim metodundan elde edilmiştir. Uçucu yağ verimi kesme dikim metodunda daha yüksek bulunmuştur. Uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde β -sitronellol oranı çiçeklenme başından çiçeklenme sonuna her iki çoğaltım materyalinde artarken, geraniol oranı ise çiçeklenme başından ortasına kadar artmış ve çiçeklenme sonuna doğru hızlı bir şekilde düşmüştür. Nerol oranı ise her iki çoğaltım materyalinde de çiçeklenme periyodu boyunca azalış göstermiştir..

Yağ gülünde yüksek çiçek ve uçucu yağ verimi ve uluslararası standartlarda uçucu yağ bileşenlerinin elde edilmesinde her ne kadar uçucu yağ verimi ve uçucu yağ oranı kesme dikim yönteminde elde edilse de, özellikle hastalık ve zararlıların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde veya organik olarak planlanan üretimlerde fidan dikim yöntemi önerilebilir. Ancak çalışmanın tek yıllık olması nedeniyle takip eden yıllarda aynı agronomik ve kalite analizlerinin yağ gülü ekonomik üretim periyodu boyunca yapılması sonuçların güvenilirliğini daha da arttıracaktır.

Bilgilendirme

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

Yazar Katkı Oranları

Çalışma, CY ve SE tarafından kurgulanmıştır. CY, SE ve MM, arazi ve laboratuvar çalışmalarına eşit oranda katkıda bulunmuşlardır. Makale SE tarafından ilk taslak olarak hazırlanırken, MM 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

Agbaria, H., Zamski, E., & Zieslin, N. (2001). Effects of gibberellin on senescence of rose flower petals. *Acta*

Horticulturae, 547, 269-279. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.547.32>

Akdaş, M. (2018). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nden farklı çözücü ekstraksiyonları ile elde edilen konkret ve absolüt ün verimlilik ve koku analizleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Anaç, O. (1984). Gas chromatographic analysis on Turkish rose oil, absolute and concrete. *Perfumer & Flavorist*, 9(1), 1-14.

Anonim (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim adresi: <http://www.tuik.gov.tr> (Son erişim tarihi: 31.01.2023)

Ayıcı, F., Aydın, M., Bozdemir, O. A., & Tutaş, M. (2005). Gas chromatographic investigation of rose concrete, absolute and solid residue. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(5), 481-486. <https://doi.org/10.1002/ffj.1487>

Aydın, M., & Tutaş, M. (2003). Production of rose absolute from rose concrete. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(1), 26-31. <https://doi.org/10.1002/ffj.1138>

Başer, K. H. C. (1992). Turkish rose oil. *Perfumer & Flavorist*, 17, 45-52.

Başer, K. H. C., Kürkcüoğlu, M., & Özek, T. (2003). Turkish rose oil: Recent results. *Perfumer & Flavorist*, 28(2), 34-42.

Baydar, H., Çelikkol, A. U., Kazaz, S., Erbaş, S., & Göktürk, B. N. (2021). Floral and molecular characterization of gamma rays induced mutants in oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Crop Breeding and Genetics*, 7(1), 21-33.

Baydar, H., & Erbaş, S. (2016). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyonu (HS-SPME) ve konvansiyonel su distilasyonu yöntemleri ile elde edilen uçucu bileşenlerin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 27-36.

Baydar, H., Erbaş, S., Kineci, S., Kazaz, S. (2007). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) damıtma suyuna katılan tween-20'nin taze ve fermente olmuş çiçeklerin gül yağı verimi ve kalitesi üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 15-20.

Baydar, H., & Kazaz, S. (2013). Yağ gülü & Isparta Gülcülüğü. *Gülbirlik Yayınları*, Isparta.

Baydar, H., & Kineci, S. (2009). Scent composition of essential oil, concrete, absolute and hydrosol from lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(2), 131-136. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643702>

Baydar, H., Erbaş, S., & Kazaz, S. (2016). Variations in floral characteristics and scent composition and the breeding potential in seed-derived oil bearing roses (*Rosa damascena* Mill.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(4), 560-569. <https://doi.org/10.3906/tar-1512-57>

Baydar, H., Kazaz, S., & Erbaş, S. (2013). Yağ gülünde (*Rosa damascena* Mill.) morfojenetik, ontogenetik ve diurnal varyabiliteler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 1-11.

- Bayrak, A., & Akgül, A. (1994). Volatile oil composition of Turkish rose (*Rosa damascena*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(4), 441-448. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740640408>
- Baytop, T. (2001). Türkiye'de eski bahçe gülleri. *T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları*, Yayın No, 2593, Sistem Ofset Basın Yayın Sanayi ve Ticaret Ltd. Şirketi, Ankara.
- Bendahmane, M., Dubois, A., Raymond, O., & Bris, M. L. (2013). Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. *Journal of Experimental Botany*, 64(4), 847-857. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers387>
- Bernier, G. (1988). The control of floral evocation and morphogenesis. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39(1), 175-219. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.001135>
- Causier, B., Schwarz-Sommer, Z., & Davies, B. (2010). Floral organ identity: 20 years of ABCs. *Seminars in Cell & Development Biology*, 21(1), 73-79.
- Colasanti, J., & Sundaresan, V. (2000). 'Florigen' enters the molecular age: long-distance signals that cause plants to flower. *Trends in Biochemical Sciences* 25(5), 236-240. [https://doi.org/10.1016/S0968-0004\(00\)01542-5](https://doi.org/10.1016/S0968-0004(00)01542-5)
- Daneh-louei pour, N., Yan, G., Clarke, H. J., & Siddique, K. H. M. (2006). Successful stem cutting propagation of chickpea, its wild relatives and their interspecific hybrids. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 1349-1354. <https://doi.org/10.1071/EA05207>
- Demirbaş, A. (2016). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde çelik alma zamanı ve hormon uygulama şekillerinin köklenme oranı ve fidan gelişimi ile bünyesel fenolik madde içeriği üzerine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Efecan, S., Erbaş, S., Mutlucan, M., (2022). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde GA₃ uygulamasının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 490-501.
- Erbaş, S., & Baydar, H. (2016). Variation in scent compounds of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) produced by headspace solid phase microextraction, hydrodistillation and solvent extraction. *Records of Natural Products*, 10(5), 555-565.
- Erbaş, S., Erdoğan, Ü., & Mutlucan, M. (2023). The Scent Compounds of Immortelle Ecotypes (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don.) grown in Türkiye and Its New Products (Absolute and Concrete). *South African Journal of Botany*, 158, 301-311.
- Evans, M. M. S. & Barton, M. K. (1997). Genetics of angiosperm shoot apical meristem development. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 673-701. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.673>
- European Pharmacopoeia, (1975). Maissonneuve SA. *Sainte Ruffine*, 3, 68.
- Farooqi, A. H. A., Shukla, Y. N., Sharma, S., & Bansal, R. P. (1994). Relationship between gibberellin and cytokinin activity and flowering in *Rosa damascena* Mill. *Plant Growth Regulation*, 14, 109-113. <https://doi.org/10.1007/BF00025210>
- Göktürk, B. N., & Baydar, H. (2005). The effects of harvest date fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose *Rosa damascena* Mill. *Industrial Crops and Products*, 21, 251-255. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.004>
- Gudin, S. (2000). Rose: Genetics and Breeding. *Plant Breeding Reviews*, 17, 159-189.
- Hackett, W.P. (1987). Juvenility, maturation and rejuvenation in woody plants. *Horticultural Reviews*, 7, 109-155.
- Harris, B. (2002). Methyl eugenol-The current bete noire of aromatherapy. *International Journal of Aromatherapy*, 12(4), 193-201. [https://doi.org/10.1016/S0962-4562\(03\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0962-4562(03)00006-7)
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2002). Plant propagation: principles and practices. *Prentice Hall*, New Delhi, India.
- Huxley, A. (1992). New RHS dictionary of gardening. Macmillan Press.
- Kara, N., Erbaş, S., & Baydar, H. (2017). The Effect of Seawater Used for Hydrodistillation on Essential Oil Yield and Composition of Oil-Bearing Rose (*Rosa damascena* Mill.). *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3), 482-487.
- Kazaz, S., Erbaş, S., & Baydar, H. (2010). Breaking seed dormancy in oil rose *Rosa damascena* Mill by microbial inoculation. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6503-6508.
- Kovacheva, N. (2010). New hybrid oil-bearing rose. 20th Anniversary International Scientific Conference, June 3-4 2010, Stara Zagora, Bulgaria.
- Kürkçüoğlu, M., & Başer, K. H. C. (2003). Studies on Turkish rose concrete, absolute and hydrosol. *Chemistry of Natural Compounds*, 39(5), 457-464. <https://doi.org/10.1023/B:CONC.0000011120.71479.7f>
- Le Bris, M. (2003). Hormones in growth and development. In *Encyclopedia of Rose Sciences*, 364-369.
- Litt, A., & Kramer, E. M. (2010). The ABC model and the diversification of floral organ identity. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 21(1), 129-137.
- MESC (2000). Methyl eugenol steering committee meeting. *International Workshop on P-Alkoxyallylbenzene Derivatives-Methyl Eugenol and Estragole*, May 1-2, Virginia.
- Mihailova, J., Atanasouva, R., & Balinova-Tsvetkova, A. (1977). Direct gas chromatographs of the essential oil in separate flower parts of the flower of kazanlik rose. *Products 7th International Congress Essential Oils*, October 7-11, Kyoto, Japan, 219-221.
- Mirzaei, M., Sefidkon, F., Ahmadi, N., Shojaeiyan, A., & Hosseini, H. (2016). Damask rosa (*Rosa damascena* Mill.) essential oil is affected by short- and long-term handling.

- Industrial Crops and Products*, 79, 219-224. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.011>
- Misra, A., Srivastava, N. K., Kumar, R., & Khan, A. (2005). Effect of palcobutrazol (PP₃₃₃) on flower quality and quantity of *Rosa damascena*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 477-486. <https://doi.org/10.1081/CSS-200043219>
- Moein, M., Ghasemi, Y., Karami, F., & Tavallali, H. (2010). Composition of the essential oil of *Rosa damascena* Mill. from South of Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 59-62.
- Mor, Y., & Zieslin, N. (1987). Plant growth regulators in rose plants. *Horticultural Reviews*, 9, 53-73.
- Nakamura, S. (1987). Scent and component analysis of the hybrid tea rose. *Perfumer and Flavorist*, 12(4), 43-45.
- Omata, A., Yomogida, K., Nakamura, S., Ota, T., Toyoda, T., Amano, A., & Muraki, S. (1991). New sulphur components of rose oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 6(2), 149-152. <https://doi.org/10.1002/ffj.2730060211>
- Önder, S., Tonguç, M., Erbaş, S., Önder, D., & Mutlucan, M. (2022). Investigation of phenological, primary and secondary metabolites changes during flower developmental of *Rosa damascena*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 192, 20-34. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.09.032>
- Önder, S., Tonguç, M., Önder, D., Erbaş, S., & Mutlucan, M. (2023). Flower color and carbohydrate metabolism changes during the floral development of *Rosa damascena*. *South African Journal of Botany*, 156, 234-243. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.03.026>
- Örs, N., Kalafatoğlu, İ. E., & Savaşçı, Ö. T. (2000). Gül yağında çeşitli bileşenlerin akımlara dağılımı. IV. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 4-7 Eylül, İstanbul, 1062-1067.
- Özçelik, H. (2018). Türkiye güllerinin adları ve teknik terimleri. *Avrasya Terim Dergisi*, 6(2), 1-23.
- Pati, P. K., Prakash, O., Sharma, M., Sood, A., & Ahuja, P. S. (2004). Growth performance of cuttings raised from in vitro and in vivo propagated stock plants of *Rosa damascena* Mill. *Biologia Plantarum*, 48(4), 609-611. <https://doi.org/10.1023/B:BIOP.0000047161.16944.b3>
- Remay, A., Lalanne, D., Thouroude, T., Le Couviour, F., Oyant, L. H., & Foucher, F. (2009). A survey of flowering genes reveals the role of gibberellins in floral control in rose. *Theoretical and Applied Genetics*, 119(5), 767-781. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1087-1>
- Roberts, A. V., & Blake, P. S. (2003). Floral Induction. In *Encyclopedia of Rose Science*, 381-386.
- Roberts, A. V., Debener, T., & Gudín, S. (2003). *Encyclopedia of Rose Science*. Elsevier Academic Press, Spain.
- Rosier, C. L., Frampton, J., Goldfarb, B., Blazich, F. A., & Wise, F. C. (2006). Improving the rooting capacity of stem cuttings of Virginia pine by severe stumping of parent trees. *Southern Journal of Applied Forestry*, 30(4), 172-181. <https://doi.org/10.1093/sjaf/30.4.172>
- Rusanov, K., Kovacheva, N., Rusanova, M., & Atanassov, I. (2012). Reducing methyl eugenol content in *Rosa damascena* Mill. rose oil by changing the traditional rose flower harvesting practices. *European Food Research and Technology*, 234(5), 921-926. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1703-1>
- SAS Institute (1999). *INC SAS/STAT User's Guide Release 7.0*, Cary, NC, USA.
- Yorulmaz Salman, S., & Erbaş, S. (2014). Contact and repellency effects of *Rosa damascena* Mill. essential oil and its two major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Turkish Journal of Entomology*, 38(4), 365-376.
- Zhao, D., Yu, Q., Chen, C., & Ma, H. (2002). Genetic Control of Reproductive Meristems. In *Meristematic Tissues in Plant Growth and Development*, 89-141.
- Zimmerman, R. H., Hackett, W. P. & Pharis, R. P. (1985). Hormonal aspects of phase change and precocious flowering. In Pharis RP and Reid DM (eds). *Encyclopedia of Plant Physiology*, II (pp. 79-115). Springer-verlag. Heidelberg.

Molibden ve Arseniğin Tarla Koşullarında Buğday Bitkisinin Verimine ve Toksikliğine Etkilerinin Belirlenmesi

İlknur YURDAKUL¹, Kadriye KALINBACAK², Dilek ALTINKAYNAK³ Remzi Murat PEKER¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 25-34, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 25-34, 2023

Öz: Endüstrinin gelişmesi ve antropojenik etkiler ağır metal kaynaklı çevre kirliliğinin artmasına etki etmektedir. Çalışmada buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde potansiyel toksik olan Molibden (Mo) ve Arsenik (As) ağır metallerinin buğday verimine kısıtlayıcı etkisinin, buğday bitkisindeki potansiyel toksik ağır metalin toksiklik belirtilerinin belirlenmesi hedeflendi. Tarla şartlarında kireçli topraklarda Mo ve As elementinin farklı uygulama dozlarında (0, 10, 20, 40 mg kg⁻¹) buğday-nohut münavebe sisteminde, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı çalışma organize edildi. Çalışma sonucunda; 3 yılda buğday bitkisinde Mo ve As uygulamaları sırasıyla %27.43, %16.17 ve %6.85'lik ve %30.2, % 49.50 ve %18.18 verim düşüşü meydana geldi. Mo uygulaması sonucu buğday verimlerinde meydana gelen azalma birinci ve ikinci buğday ekim yıllarında istatistiksel anlamda önemli oldu (F=13.9**, P<0.01) (F=16.2**, P<0.01). As uygulaması sonucu buğday verimlerinde meydana gelen azalma istatistiki anlamda her üç yılda da önemli (F= 5.33*, P<0.05) (F=15.05**, P<0.01) (F=5.36*, P<0.05) bulundu. Maksimum verimde %10'luk azalmayı toprağa uygulanan Mo ve As'in 14 kg da⁻¹ ve 13.7 mg kg⁻¹ düzeyi sağladı. Mo toksiklik belirtileri; cılız ve küçük sağlıklı bitki, yaprak uçlarında başlayan sarı-turuncu sararmalar, yüksek dozda kurumalar olarak gözlemlendi. As toksiklik belirtileri; bitki boylarının kısalması ve parsel içerisinde bitki yoğunluğunun azalması olarak ortaya çıktı.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, arsenik, buğday, molibden, toksiklik

Determination of the Effects of Molybdenum and Arsenic on Yield and Toxicity of Wheat Plant in Field Conditions

Abstract: The development of industry and anthropogenic effects affect the increase in environmental pollution caused by heavy metals. In this study, it was aimed to determine the restrictive effect of Molybdenum (Mo) and Arsenic (As) heavy metals, which are potentially toxic in wheat (*Triticum aestivum* L.) on wheat yield, and to determine the toxicity signs of potentially toxic heavy metal in wheat plant. Three repetitive studies were organized in the wheat-chickpea alternation system according to the randomized blocks trial design at different application doses (0, 10, 20, 40 mg kg⁻¹) of Mo and As element in calcareous soils under field conditions. In the results of working; In 3 years, Mo and As applications in wheat plant decreased yields of 27.43%, 16.17% and 6.85% and 30.2%, 49.50% and 18.18%, respectively. The decrease in wheat yields as a result of Mo application was statistically significant in the first and second wheat planting years (F=13.9**, P<0.01) (F=16.2**, P<0.01). The decrease in wheat yields as a result of the application of As was statistically significant (F= 5.33*, P<0.05) (F=1 5.05**, P<0.01) (F=5.36*, P<0.05) in all three years. 14 kg da⁻¹ and 13.7 mg kg⁻¹ level of Mo and As applied to the soil provided 10% reduction in maximum yield. Signs of Mo toxicity; The weak and small unhealthy plant was observed as yellow-orange yellowing starting at the leaf tips and drying at high doses. As signs of toxicity; It appeared as a shortening of plant heights and a decrease in plant density in the plot.

Keywords: Heavy metal, arsenic, wheat, molybdenum, toxicity

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
ilknur.yurdakul@tarimorman.gov.tr

Alınış (Received): 02/03/2023
Kabul (Accepted): 04/05/2023

¹Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez
Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,
Yenimahalle, Ankara
²Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel
Müdürlüğü, Lodumlu, Ankara
³Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez
Müdürlüğü, Yenimahalle, Ankara

1. Giriş

Ağır metaller atomik kütleleri 20'nin üzerinde, özgül ağırlığı 5 g cm^{-3} ve üzeri olan metallerdir. Yüksek konsantrasyonları toksik olmakla birlikte düşük konsantrasyonlarda da bitkiler ve hayvanlar için toksik olabilmektedirler (Rascio ve Navari-Izzo, 2011; Yurdakul, 2017a; Yurdakul, 2017b; Njoh, 2019; Sadeghi vd., 2020). Bununla birlikte bazı ağır metallerin (Fe, Cu, Zn, Mo ve Ni) çok düşük konsantrasyonları bitkiler için gereklidirler. Bazıları da (Cd, Pb, Hg, As vb.) bitkilerde bilinen fizyolojik fonksiyonu bulunmamakta ve toksik etki göstermektedirler. Ağır metaller yüksek seviyelerde insan, hayvan ve bitki sağlığı için tehdit oluşturmaktadır (Ashfaque vd., 2016). Ağır metaller ekolojik sorunlardan kaynaklı çevre kirleticileri olarak belirtilmektedir.

Riskin yüksek olduğu alan sanayinin geliştiği topraklardır. Endüstriyel atıklar, kanalizasyon, sulama ve madencilik faaliyetleri ile kirlilik seviyeleri artmaktadır (Zhao vd., 2022). Gelişen sanayi ile birlikte, üretim faaliyetlerinin ardından meydana gelen artık ve atıklar ve bunların içerisindeki ağır metaller dünyanın geleceği açısından tehdit oluşturmaktadır. Bu durum doğayı koruyucu tedbirlerin yeterince yer bulmaması ile daha da vahim bir hal almaktadır (Veliu, 2016; Ashfaque vd., 2016). Yüzeysel toprakları, çevreye yayılan ağır metallerin ana alıcıları olarak kabul edilmektedir (Thalassinos ve Antoniadis, 2021). Ağır metallerin çoğu toprakta bulunan konsantrasyonları artış gösterdiğinde bitki gelişimini kısıtlayıcı etken olarak toksik etkide bulunmaktadır (Marschner, 1995; McLaughlin vd., 1999; Veliu, 2016). Çevre kirliliğinin ana kaynağını arıtma ve filtrasyon yapılmayan baca gazları ve akarsulara bırakılan fabrika atıkları oluşturmaktadır. Toksik ağır metaller, bitkilerin alımı ve biriktirmeleri nedeni ile besin zincirine girerek ekili ürünlerin tüketimi, yeraltı suyunun kirlenmesi ve hatta doğrudan toprak partiküllerinin yutulması yoluyla insan sağlığını ve hayvan sağlığını tehdit etmektedirler (Jackson ve Alloway, 1992; Brzóska ve Moniuszko-Jakoniuk, 2001; Sponza ve Karaoğlu, 2002; Roy ve McDonald, 2015; Maiti vd., 2015; Thalassinos ve Antoniadis, 2021). Yeşil çevre ve tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması için atıkların stabilizasyonu, tekrar kullanım imkanlarının oluşturulması ve atıkların ortamdaki yok edilmesi gereklidir. Ağır metallerin yüksek olduğu ortamlarda yetiştirilen bitkilerde vejetasyon zarar görse bile terlemenin devam etmesi bitkinin ağır metal alımını destekler ve belirli bir birikimin ardından toksik etkiler ortaya çıkar. Bu elementler çoğu sanayi için hammadde özelliğindedir. Arsenik ve molibden sanayide üretim aşamasında kullanılan potansiyel toksik elementler içerisinde kullanımı çok yaygın olan iki elementtir. Arsenik tekstil ve tabaklama sanayiinde, deterjanlarda, tarımda, fungisid, herbisit, insektisit, rodentisit ve pestisitlerde kullanılmaktadır. Molibden metal ve miktatsız alaşımlarda, cam üretme fırınlarında,

uçak parçalarında, gemi şaftlarında, elektrotlarda, elektronik malzemelerde ve akkorlu lambalarda kullanılmaktadır. Arsenik doğal ekosistemde yaygın olarak bulunmakta, kirli suların kullanımı ile tarım ürünlerine etki etmektedir. Biyolojik olarak yok edilemedikleri için tarım sisteminde uzun süre kalabilmektedirler (Kundu vd., 2013; Rizvi vd., 2019). Molibden doğada halihazırda var ($0.1-10 \text{ mg kg}^{-1}$) olan bir element (He vd., 2005) olmasının yanında, toprak ve suya bu metallerin girişi madencilik, metal endüstrileri, karayolu trafiği, elektrik santralleri, fosil yakıtların yakılması, bitkisel üretim, hayvan yetiştirme, atık suların kaynak olarak kullanılması, tarım kimyasallarının kullanımı, atık bertarafı vb. çıktı ve uygulamalarla olabilmektedir (Anbar, 2004; Dubey, 2011).

Topraktaki hareketlerinin çok az fiksasyonlarının çok fazla olması nedeni ile tarımda sürdürülebilirlik açısından ağır metaller gizli bir tehlike kaynağıdır. İklim değişikliğinin etkisindeki dünya için artan CO_2 , ürünün kimyasal element konsantrasyonlarında artışlara yol açmaktadır (Wang vd., 2020). Bu durum yakın zamanda ürünlerimizde tehlikeli boyutta ağır metal seviyesinin olacağına dikkat çekmektedir.

Potansiyel toksik elementlerin çoğunun toprakta hareketsiz olduğu, parçalanmadığı için birikimlerle daha uzun süre etki edebildikleri bilinmektedir (Macnicol ve Beckett, 1985). Bu elementlerde üst kritik seviye, bitkinin ürün dokularının veriminde düşüş oluşturmaktadır (Davis vd., 1978a). Ulrich ve Hills (1967), eksiklik, geçit ve yeterlilik bölgelerini bitki gelişim eğrisinde belirterek ürün verimini %10 düşüren element miktarını kritik derişim olarak belirlenmişlerdir.

Sera şartlarında kum kültüründe yazlık arpanın üst kritik seviyesi kuru madde bazında; As'te 20 mg kg^{-1} ve Mo'de 135 mg kg^{-1} (Davis vd., 1978b) iken toprak şartlarında arpa bitkisinin toksiklik kriteri olarak eşik noktasının As için kuru madde de 10 mg kg^{-1} olmuştur (Şener vd., 1994). As ve Cd elementlerinin buğday bitkisindeki toksisitesi As için hidrofonic sistemde $0.97 \mu\text{M}$ ve toprakta 196 mg kg^{-1} , Cd için $4.32 \mu\text{M}$ ve toprakta 449 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir, toksik birim ve bağıklık indeksi ölçümlerinde farklı davranışlar gözlenmiştir (Cao vd., 2007). Son dönem çalışmalarında ağır metallerin bitkiye geçişlerinin azaltılmasını konu alan araştırmalar gündemdedir (He vd., 2022). Ağır metale dayanıklı gıdaların belirlenmesi de sağlıklı gıda üretiminde bir yaklaşım olabilmektedir (Li vd., 2010). Buğday dünyada insan beslenmesi için üretilen en önemli tahıllar içerisinde yer almaktadır. As, Mo ve diğer ağır metaller buğday kökleri tarafından alınabilmekte ve toprakta düşük konsantrasyonlarda da buğday tanelerinde yüksek seviyelerde birikebilmektedir (Wang vd., 2011). Birçok sera çalışması ile ağır metallerin bitkilerdeki birikimi çalışılmıştır. Ağır metallerin buğday gelişimine etkileri, kirlenmiş topraklarda tahılların yetiştirilme imkanlarının

bilinmesi ve toprakların iyileştirilerek insanlığın beslenmesi için sağlıklı üretimin yapılması gereklidir. Bu gerekçeyle buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde potansiyel toksik olan Molibden (Mo) ve Arsenik (As) ağır metallerinin buğday verimine kısıtlayıcı etkisinin, buğday bitkisindeki potansiyel toksik ağır metalin toksiklik belirtilerinin belirlenmesi hedeflendi. Çalışma sonunda insan beslenmesinde ana kaynak olan buğday bitkisinin kireçli topraklarda As ve Mo metallerine toksiklik eşiği belirlenerek, kirliliğinin söz konusu olduğu tarımsal alanlarda ürün yetiştirme kapasitelerinin tahmininde ve tarımsal planlamalarda tahminlerin doğru yapılmasına imkan sağlanacak ve ağır metal kirliliğinin etkileri ortaya konacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Toprak özellikleri

Çalışma alanı kireçli alüviyal, kolüviyal ve kahverengi büyük toprak gruplarını içermektedir.

2.1.2 Bitki iklim ve ağır metal özellikleri

Çalışma alanı Mürted ovası, alüviyal, kolüviyal ve kahverengi büyük toprak gruplarını içermektedir. Bölgede tahıllar ekilen alanın büyüklüğü itibarıyla ilk sırada yer alırken, baklagiller, şeker pancarı ve ayçiçeği 2., 3. ve 4. olarak yer almaktadır (Anonim, 1992). Bölgede kullanılan yaygın bir münavebe sistemi olmasından dolayı çalışma buğday (Gün 91) ve nohut (Gökçe) münavebe sisteminde gerçekleştirildi. Buğday bitkisi 90-100 cm uzayabilmektedir. Yapraklar yeşil ve tüyü yoktur. Başaklar orta-sık, kavuzlar beyaz-sarı ve tüyü yoktur. Küçük ve kırmızı tanelidir. Tanelerin şekli oval 6-7 mm uzunlukta ve 3-4 mm genişliktedir. Buğday kışlıktır. Hastalıklara dayanımı ortadır. Geçit Bölgeleri ve İç Anadolu da kullanılmaktadır (Anonim 1981). Nohut ise 30-35 cm uzayabilen bir yapıdadır. Tohum şekli koçbaşı olup, açık krem renginde yüz dane ağırlığı 44-46 g dir. 9 mm elek çapında, kurağa ve yatmaya dayanıklı, erkenci bir çeşittir. Danesi dökülmesi olmamaktadır. 100-110 günlük olgunlaşma süresine ihtiyaç duymaktadır (Anonim 1998). İklim tipik kara iklimidir. Yaz mevsimi kurak ve sıcak geçerken kış mevsimi soğuk geçmektedir. Sıcaklık ortalama 11.7 °C olmakla birlikte 40.0 °C(-24.9 °C) arasındadır. Donlu gün sayısı 84.7 gün seviyesindedir (DİE, 1998).

Çalışmada ağır metal bileşiklerinden bitkiye toksik etkisi olmayan ve suda eriyebilecek formlara sahip olanlar Sodyum Molibdat ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve Arsentioksit (As_2O_3) kullanıldı.

2.2. Metot

Çalışmada tesadüf blokları dizaynı ile 3 tekrarlı çalışma gerçekleştirildi. Buğday-nohut münavebesi uygulanarak, ağır metal uygulaması ilk uygulama yılında bir kez yapılarak çalışma çakılı yürütüldü. Mo ve As 0, 10, 20 ve 40 kg da⁻¹ olacak şekilde toprağa homojen dağıtıldı. Bölgenin iklim koşulları dikkate alınarak parsellere azot uygulaması (amonyum nitrat %26; deneme alanı fazla yağış almamaktadır) ikiye bölünerek ve fosfor uygulaması (TSP %42-44) ekim zamanı yapıldı (yapılan analizler doğrultusunda miktarlar belirlendi). Ekimde parseller 6.40 m² (3.20 m x 2.00 m) olacak şekilde dizayn edildi. Buğday hasadında 4.32 m² (2.88 m x 1.50 m) ve nohut hasadında, 3.84 m² (2.56 m x 1.50 m) hasat alanı olarak belirlendi.

2.2.1. Tarla çalışmasının kurulması ve yürütülmesi

Çalışma alanında parsellerin hazırlığı için tavlı toprak sürülerek (pulluk ve kazayağı-tırmık) ekime hazırlandı, parsellasyon yapıldı, azotlu gübre parsel yüzeyine elle serpilerek, fosforlu gübre deneme mibzeriyle ekimde verildi. Azotlu gübre ekim anında ve kardeşlenme başlangıcında ikiye bölünerek uygulandı. Belirlenen dozlarda ağır metaller parsel yüzeyine eşit verildi, toprakta homojen karışım tırmıkla oluşturuldu. Çalışmada ekim zamanı buğday ilaçlaması, yabancı ot mücadelesi yapıldı. Buğday ve nohut bitkilerinin çimlenmesi takip edildi, toksiklik belirtileri takip edildi. Buğday hasadı tırpanla, nohut hasadı elle yapıldı. Buğday daneleri sapından ayrılarak laboratuvara getirildi. Örnekler parsellere uygulanan potansiyel toksik element açısından incelendi. Toprak örnekleme (0-20 cm) kürek alınarak (Jackson (1962), bez torbalarla laboratuvar getirilerek analizleri yapıldı.

2.2.2. Toprak analizlerinde kullanılan metotlar

Su ile doyunluk; (%), toprak saf su ile doyurularak, toprak reaksiyonu; suya doyurulmuş toprakta pH-metre (Jenway 3510) kullanılarak, alınabilir K (kg K₂O da⁻¹); 1 N CH₃COONH₄ (pH 7.0) ekstraksiyonunda fleymfotometre ile (Model PFP7) ölçülerek, toplam kireç (%); Scheibler kalsimetresi kullanılarak tayin edildi (Richards, 1954). Toplam tuz (%), kondaktivimetre aleti (Jenway 4520 Conductivimeter) ile tayin edildi (Richards, 1954; Yurdakul, 2018). Organik madde (%); demir sülfat ile geri titrasyon yapılarak hot plate (Lab Tech EG20B) kullanılarak tayin edildi (Walkley ve Black, 1934). Alınabilir P (kg P₂O₅ da⁻¹), 0.5 M NaHCO₃ (pH 8.5) ekstraksiyonunda spektrofotometre (Jenway 6300) ile tayin edildi (Olsen vd., 1954).

Tablo 1. Toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Su ile Doymuluk (%)	Toplam Tuz (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	pH	Alınabilir Besin Maddesi (kg da ⁻¹)	
						P ₂ O ₅	K ₂ O
0-20	67	0.113	17.3	1.5	7.82	4.74	175.6

2.2.3. Analiz ve değerlendirme yöntemleri

Buğday bitkisinde Mo ve As için toksik olan miktarın belirlenmesinde, ürünün en yüksek değerinde % 10'luk azalma gerçekleştiren ağır metal miktarı kullanıldı (Ulrich ve Hills, 1967). Ayrıca bitkideki toksik etki belirtileri gözlemlendi. Uygulanan ağır metalin buğday bitkisi verimine olan etkisinin istatistiki kontrolü MSTAT istatistik programı ile yapıldı.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmaya ait deneme, alınabilir potasyum miktarları yeterli, alınabilir fosfor miktarları az, organik madde miktarı az, tuzsuz, fazla kireçli ve hafif alkali reaksiyonlu Mürted Ovası topraklarında kuruldu (Tablo 1).

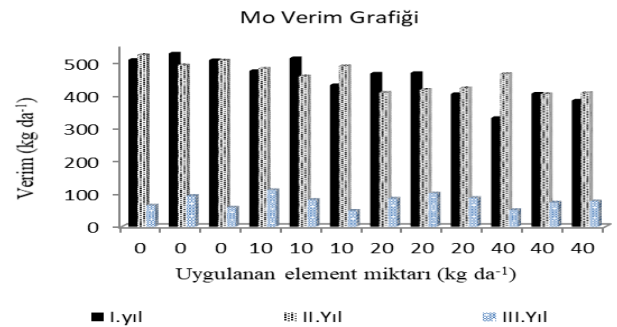
3.1. Molibden elementi bulguları

3.1.1 Molibden uygulamasının buğday verimi üzerine etkisi

Uygulanan elementlerden ilk yıl Mo buğday bitkisi veriminde toksik etkide bulundu. Çakılı olarak yürütülmekte olan denemede ikinci yıl buğday hasadından sonra aynı parsellere nohut ekimi yapıldı. İkinci buğday yılından sonra hasat edilen buğday bitkisinde Mo elementinin toksikliği devam ederek, buğday verimini önemli derecede azalttı. Deneme alanından takip eden yılda nohut hasadı yapıldı. Denemenin sadece ilk ekim yılında toprağa uygulanan Mo elementinin üçüncü buğday ekim yılında buğday bitkisine toksik etkisi ortadan kalktı.

Çalışmanın ilk yılında toprağa 10, 20 ve 40 kg Mo da⁻¹ uygulaması buğday verimlerinde ortalama olarak, yıllar itibari ile azalmalara (kontrol konusuna göre 514–373 kg da⁻¹, 507–425 kg da⁻¹, 73–68 kg da⁻¹) neden oldu (Şekil 1). Bu azalmalar yıl sırasıyla; % 27.43, % 16.17 ve % 6.85'lik verim düşüşü olarak görüldü. Beusichem (1990), Chatterjee ve Nautiyal (2006) yaptıkları çalışmalar ile makalede bulunduğu gibi buğday veriminde azalma tespit etmişlerdir. Çalışmamızda buğday verimlerinde meydana gelen bu azalma birinci ve ikinci buğday ekim yıllarında istatistiksel anlamda önemli olmuştur (F=13.9**, P<0.01) (F=16.2**, P<0.01) (Şekil 2). Çalışmada tespit edilmiş olan bitki verimindeki azalmanın nedeni olarak literatürlerde bitkilerdeki ağır metal fitotoksitesinin bitki büyümesini etkileyerek oksidatif strese, sitotoksik ve genotoksik etkilere neden olarak ürün veriminde azalmayı oluşturduğu bildirilmektedir (Ashfaque vd., 2016; Njoh, 2019). Çalışmada Mo uygulama düzeyleri dikkate alındığında Ulrich ve Hills

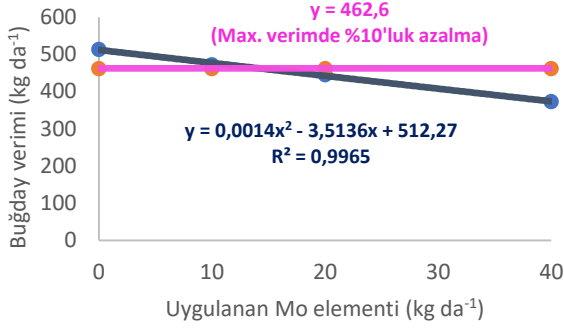
(1967)'e göre en yüksek verimde %10'luk azalmayı, toprağa uygulanan Mo'in 14 kg da⁻¹lık (Şekil 2) düzeyi sağladı. Çakılı olarak takip edilen bu çalışmada ilk uygulama yılında verilen Mo elementinin çalışmanın üçüncü buğday yılında buğday verimine etkisi önemini kaybetti (Şekil 1, Şekil 3). Bunun yanında Mo'in temel bir mikro element olması nedeniyle bitkilerde oksidatif stres toleransının artmasına destek olduğu 0 ve 1 µM Mo ile azotlu gübrenin farklı formlarının hidrofonik sistemde, kışık buğdaylarda ABA'yı artırarak farklı N kaynakları altında kışık buğdayda oksidatif stres toleransını düzenlediği, bitki biyokütlesini, tane verimini, P ve Mo alımını sırasıyla %34.9, %14.8, %98.1 ve %654.1 artırarak yaprak kütikülü, stoma, kloroplast ve mezofil doku hücresi konfigürasyonu koruduğunun bilinmesi ile birlikte (Imran vd., 2020; Rana vd., 2020), sera şartlarında Mo toksikliği killi toprak için 185 mg kg⁻¹ (46.25 kg da⁻¹) ve killi tınlı toprak için 75.6 mg kg⁻¹ (18.6 kg da⁻¹) (Gedikoğlu vd., 1997) olduğu da bildirilmekte ve çalışma sonuçlarını desteklemektedir. Yine çalışma sonuçları ile paralel olarak buğday çeşitlerinin Na₂MoO₄ ilavesi ile oluşan Mo toksitesinin en düşük gözlemlenen etki konsantrasyonunun 32 mg Mo kg⁻¹ olduğunu ortaya koyan çalışmalar yapılmıştır (Kundu, 2013;). Bitki bünyesine Mo alınımı ve toksik etkilerin ortaya çıktığı bu çalışmaya paralel Cu, Cd, Pb ve Zn farklı arazi kullanım türlerinde (kıraç, buğday, kanola ve elma fidesi tarlaları) ve terk edilmiş Mo atık alanı çevresinde bitkilerde (ekili ekinler ve yabancı pelin) Mo'in beklenen değerlerin üzerinde bulunduğu ve toksik etkileri tespit edilmiştir (Han vd., 2019).



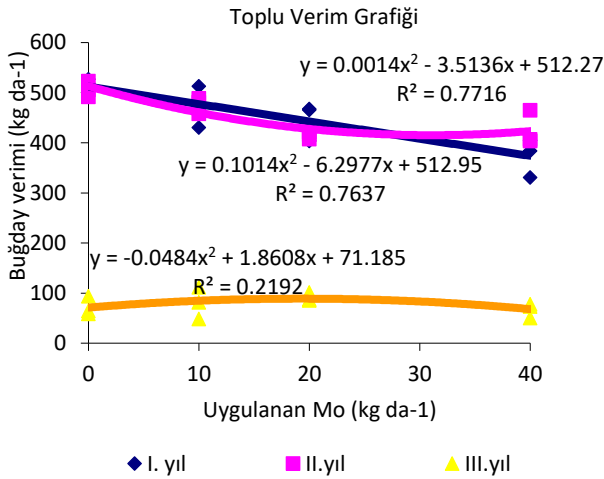
Şekil 1. Farklı seviyelerde Mo uygulanan parsellerden alınan buğday verim miktarları (kg da⁻¹)

3.1.2. Molibden toksiklik belirtileri

Çalışmanın ilk kurulduğu yılda Mo uygulanan parselerde spesifik denilebilecek toksiklik belirtileri gözlemlendi. Bu belirtiler kontrol parselerinde gözlenmez iken artan Mo uygulama düzeyleri ile belirtilerin şiddeti arttı.

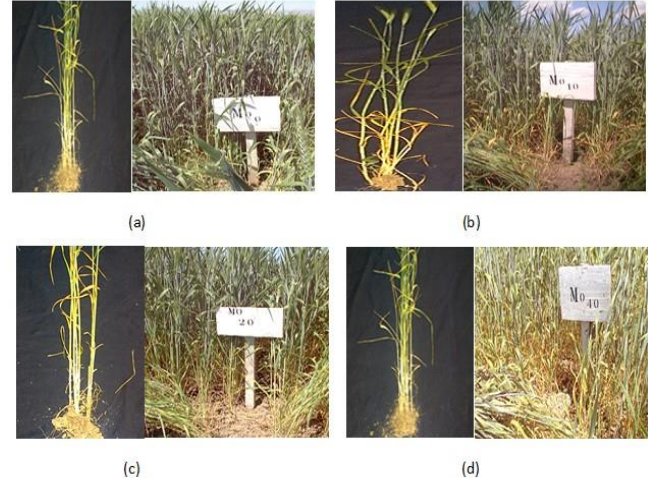


Şekil 2. Farklı seviyelerde Mo uygulama dozları ile buğday verim miktarları arasındaki ilişki



Şekil 3. Farklı seviyelerde Mo uygulama dozları ile buğday verim miktarları arasındaki ilişki

Buğday bitkisinin yaprak uçlarından başlayarak ilerleyen sarıdan turuncu renge yakın sararmalar oluştu. Bu turuncu renk tüm yaprak damarları ve damar aralarında homojen olarak yayıldı (Şekil 4). Mo uygulamasının yüksek düzeylerinde ve gelişimin ilerleyen devresinde yine yaprak ucundan başlayarak bu turuncu kısımlar kurumaya başladı. Mo uygulanmış olan parsellerde bitki gelişiminde ve boyunda gerileme ile cılız, küçük ve sağlıklı bitki görünümü ortaya çıktı. Havlin vd., (2017), Mo toksisitesinin belirtileri olarak yapraklarda altın sarısından portakal-sarına değin gelişen bir sararma tarif etmiştir ki bu belirtiler çalışmada da takip edildi. Üründe Mo toksikliğinde yaprak renginde sarı-kahverengi bozulmaların oluştuğu da belirtmiştir. Chatterjee ve Nautiyal (2006)'ın çalışmalarının sonuçlarına göre; buğday bitkisinin 0.0002 mg Mo L⁻¹ ve 10 mg Mo L⁻¹ uygulama seviyelerinde Mo fazlalığının, biyokütleyi, tane verimini ve yapraklarda nitrat redüktaz aktivitesini önemli ölçüde azaltmıştır. Düşük ve fazla Mo, tohum proteinlerinin prolamin, glutelin ve globulin fraksiyonlarının yanı sıra nişasta, şekerler, protein, protein olmayan ve toplam nitrojen (N) içeriğini düşürerek tahılların kalitesini bozmuştur (Chatterjee ve Nautiyal, 2006). Molibden hem hafif olgunlaşmamış tohumların üretilmesine, hem de zayıf canlılık ve



Şekil 4. Farklı seviyelerde Mo uygulama dozlarında buğday bitkisindeki toksiklik semptomları; a) Mo uygulanmayan kontrol konusu, b) Mo uygulaması 10 kg da⁻¹, c) Mo uygulaması 20 kg da⁻¹ ve d) Mo uygulaması 40 kg da⁻¹

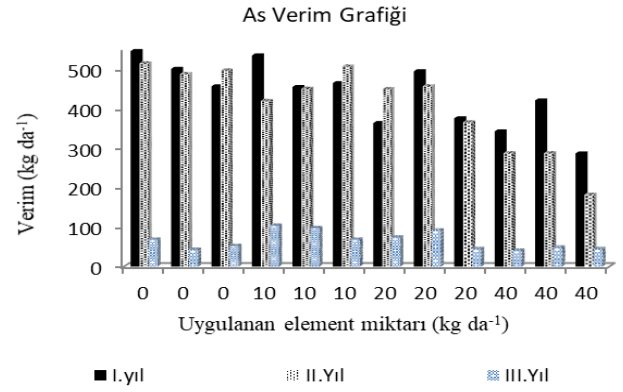
çimlenme potansiyeline neden olarak, yapraklarda yeterlilik ve toksisite eşiği değerleri buğdayın 0.13 ve 1.15 µ Mo g⁻¹ kuru madde olarak bulunmuştur (Chatterjee ve Nautiyal, 2006).

3.2. Arsenik elementi bulguları

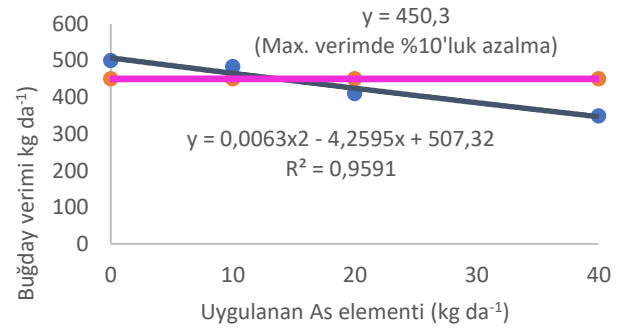
3.2.1. Arsenik uygulamasının buğday verimi üzerine etkisi

Çalışmanın ilk yılında yapılan As uygulaması buğday bitkisi verimine toksik etkide bulundu. İkinci buğday yılından sonra hasat edilen buğday bitkisinde As elementinin toksikliği devam ederek, buğday verimini önemli derecede azalttı. Kumar vd. (2021) As elementinin buğday üzerine toksik etkileri olduğunu belirterek petri kaplarında gerçekleştirdikleri çalışmalarla bu toksik etkiyi azaltacak farklı ZnO NP + As seviyelerinde çalışmalar yapmışlardır. 10 ppm As uygulaması sonucu oluşan çimlenme yüzdesi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, fide gücü, bağıl su içeriği (RWC), zar stabilite indeksi (MSI), klorofil, karotenoid ve protein içeriği, süper oksit aktivitesindeki azalmaların ZnO NP'ler (25ppm) ile azaltıldığını bildirmişlerdir. Deneme alanından takip eden yılda nohut hasadı yapıldı. Denemenin üçüncü buğday yılında ilk yıl belirtilen düzeylerde uygulanan As elementinin toksik etkisi devam etti buğday veriminde önemli bir düşüş oluşturdu. Soto vd. (2019) tarafından da ağır metal ve metaloidlerle çoklu kontamine olmuş topraklarda, bitki türlerinin oluşumunun genellikle toksisite nedeniyle engellendiği belirtilmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında Pseudomonas gessardii ve Brevundimonas intermedia olarak sınıflandırılan iki As dirençli bakteri izolatu ve Fimetariella rabenhortii ve Hormonema viticola olarak sınıflandırılan iki As dirençli mantarı topraktan izole ederek As toksikliğini azaltmada tedavi edici olarak kullanmışlardır.

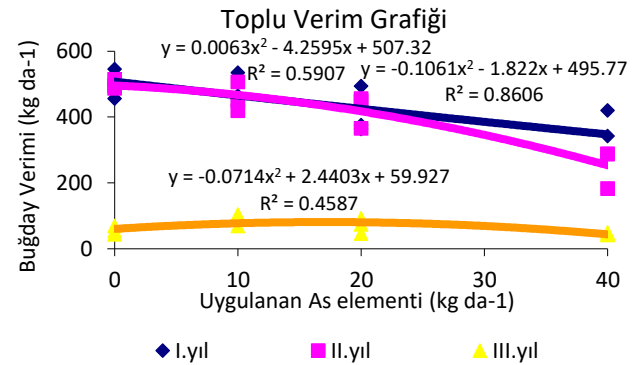
Toprağa artan düzeylerde çalışmanın ilk yılında 0, 10, 20 ve 40 kg da⁻¹ As uygulaması ile elde edilen buğday bitkisi verimlerinde ortalama verim miktarlarında 500–349 kg da⁻¹, 499–252 kg da⁻¹, 55–45 kg da⁻¹ değerlerine kadar azaltma gözlemlendi (Şekil 5). Aynı şekilde Pigna vd. (2010) ve Saeed vd. (2021)'de yaptıkları çalışmada As uygulamasının verimde azalmalara neden olduğunu belirtmişlerdir. Kumari vd. (2019) sideroforun arsenik (As) toksisitesinin bitki fidelerinin fizyolojisi üzerindeki olumsuz etkisine ve biyokimyasal tepkiye karşı koyma yeteneğini analiz etmek için buğday bitkileri üzerinde deneyler yapmışlardır. Çalışma sonuçlarımıza paralel olarak buğday bitkisinde toksisitenin kök ve gövde uzunluklarını, klorofil ve karotenoid içeriklerini ve çeşitli antioksidan enzimlerin aktivitelerini olumsuz etkileyerek, bitki büyümesini kısıtladığını bu etkinin siderofor uygulaması ile önemli ölçüde geri kazanıldığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda bu azalma sırası ile % 30.2, % 49.50 ve % 18.18 seviyelerine kadar düştü (Şekil 5, Şekil 7). Ağır metaller toksik seviyelerde fotosentez ve terleme etkisinde besin dengesizliklerine, enzimatik aktivitelerin inhibisyonu ile oranlarında azalmaya, serbest radikallerin ve reaktif oksijen türlerinin oluşumunu uyararak oksidatif strese neden olarak, tohum çimlenmesini ve fide büyümesini baskılamaktadır (Ashfaque vd., 2016). Çalışmamızda ilk yıl yapılan As uygulaması her yıl buğday veriminde Ashfaque vd. (2016) tarafından da belirtildiği gibi azaltıcı bir etki yarattı ve bu etki istatistiksel olarak önemli oldu (Şekil 6). Buğday verim değerlerine ait istatistiksel incelemede çalışmanın I., II. ve III. buğday ekim yılında As uygulamasının buğday verimi üzerine etkisi önemli (F= 5.33*, P<0.05) (F=15.05**, P<0.01) (F=5.36*, P<0.05) bulundu (Şekil 6). Çakılı olarak yürütülen çalışmada As uygulama düzeyleri dikkate alındığında maksimum verimde %10'luk azalmayı toprağa uygulanan As'ın 13.7 kg da⁻¹lık düzeyi sağladı (Şekil 6). Sanayi etkisindeki tarımsal alanlarda buğday bitkisindeki ağır metal konsantrasyonlarının Cr>Ni>As>Hg sıralamasında olurken en büyük tehlikenin 0.33 ile 13.3 mg kg⁻¹ arasında değişen miktarlar ile As elementinde en düşük tehlikenin de 1.5 mg kg⁻¹ miktarı ile Cr elementi ile ilgili olduğu bilinmektedir (Sadeghi vd., 2020). Tarım topraklarında yetiştirilen buğday bitkilerine uygulanan ağır metallere (As, Cd, Cr, Pb, Hg) kökte en fazla olduğu çok hızlı bir şekilde üst aksama taşınımının gerçekleştiği bilinmektedir (Liu vd., 2009). Çalışma sonucunu teyit eder nitelikte sera ortamında As uygulamasında toksik etki killi toprak için 7.8 mg kg⁻¹ (1.95 kg da⁻¹) ve killi tınlı toprak için 10.7 mg kg⁻¹ (2.68 kg da⁻¹) olduğu (Gedikoğlu vd., 1997), buğday çeşitlerinin As tane konsantrasyonlarının (0.23–1.22 mg kg⁻¹) farklılık gösterdiği, buğday tanelerinde As translokasyonunun genellikle az olduğu ve sıralamanın kök>gövde>yaprak>tane sırasını takip ettiği bildirilmektedir (Kundu, 2013; Guo vd., 2018; Kamrozzaman vd., 2016). BARI Gom–21, BARI Gom–23, BARI Gom–24, BARI Gom–25 ve BARI Gom–26 buğday çeşitlerinde tane de As konsantrasyonu 0.49-1.15 mg kg⁻¹



Şekil 5. Farklı seviyelerde As uygulanmış parsellerden alınan buğday verim miktarları (kg da⁻¹)



Şekil 6. Farklı seviyelerde As uygulama dozları ile buğday verim miktarları arasındaki ilişki



Şekil 7. Farklı seviyelerde As uygulama dozları ile buğday verim miktarları arasındaki ilişki

arasında değişmiştir (Kamrozzaman vd., 2016). Atık suların deşarj edildiği drenaj kanalı, katı atık depolama merkezi ve sanayi bölgesini çevreleyen topraklarda yetişen buğday bitkilerinde ağır metal birikimleri söz konusudur ancak jeolojik olayların da bunda etkisi bulunmaktadır (Öztürk ve Arıcı, 2021).

3.2.2. Arsenik toksiklik belirtileri

Toprağa artan düzeylerde çalışmanın ilk yılında uygulanan 0, 10, 20 ve 40 kg da⁻¹ As düzeylerinin buğdayın maksimum veriminde %10'luk azalmayı sağladığı As uygulama düzeyi 13.7 kg As da⁻¹ olarak tespit edildi. Şener ve ark. (1994), toprak şartlarında yetiştirilen arpa bitkisinde toksiklik kriteri olarak eşik noktasının

kullanıldığı durumda kritik düzeyin kuru maddede 10 mg kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın ilk kurulduğu yılda As parsellerinde spesifik denilebilecek toksiklik belirtileri gözlemlendi. Kontrol parselinde her üç blokta da bitki gelişimleri iyi diğer dozlara göre bitki boyları uzun ve yoğunluk daha fazla olmuştur. As uygulama seviyelerinin artışı ile buğday veriminde düşmeler söz konusu oldu. Bitki boyları As düzeyi arttıkça kısaldı ve parseldeki bitki yoğunluğu azaldı. En yüksek As (40 As kg da⁻¹) uygulanan parselde bitki çıkışı çok az hatta parsellerin sadece kenar kısımlarda bitki çıkışı gözlemlendi. As parsellerinde genel olarak bitki çıkışı çok az oldu. Çalışmada gözlenen semptomlar As toksikliğinin bitki çimlenme aşamasında oluşmaya başladı. Ashfaque vd. (2016) tarafından ağır metallerin toksik seviyeleri iç zarların yapısal ve geçirgenlik özelliklerini etkileyerek fotosentez ve terleme etkisinde besin dengesizliklerine, enzimatik aktivitelerin inhibisyonu ile oranlarında azalmaya, serbest radikallerin ve reaktif oksijen türlerinin oluşumunu uyararak oksidatif strese neden olduğu, tohum çimlenmesinin ve fide büyümesinin baskılandığı belirtilmiştir.

4. Sonuç

Çalışmada Mo (Na₂MoO₄.2H₂O) ve As'in (As₂O₃) 0, 10, 20, 40 kg da⁻¹ seviyelerinde tarla koşullarında buğday bitkisinin gelişim ve verimine etkilerinin saptanması, buğday bitkisinde oluşacak toksiklik belirtilerinin belirlenmesi amaçlandı. Uygulanan elementlerden ilk yıl hem Mo hem de As buğday bitkisi veriminde toksik etkide bulundu. İkinci buğday yılından sonra hasat edilen buğday bitkisinde Mo ve As elementlerinin toksikliği devam ederek, buğday verimini önemli derecede azalttı. Denemenin üçüncü buğday yılında elementlerin verime etkilerinde sadece As elementinin toksik etkisi devam etti, buğday veriminde önemli bir düşüş oluşturdu. Toprağa artan düzeylerde uygulanan Mo ve As yıllar itibarıyla buğday verimlerinde sırası ile %27.43, %16.17 ve %6.85'lik ve %30.2, %49.50 ve %18.18 verim düşüşü meydana getirdi. Mo için buğday verimlerinde meydana gelen bu azalma I. ve II. buğday ekim yılında önemli bulundu (P<0.01). Çalışmada Mo uygulama düzeyleri dikkate alındığında maksimum verimde %10'luk azalmayı toprağa uygulanan Mo'in 14 kg da⁻¹ düzeyi sağladı. Denemenin I., II. ve III. buğday ekim yılında As uygulamasının buğday bitkisinin verimine etkisi (P<0.05) önemli oldu. Üç buğday ekim yılı için de As uygulaması buğday veriminde azaltıcı bir etki yarattı. As uygulama düzeyleri dikkate alındığında maksimum verimde %10'luk azalmayı toprağa uygulanan As'in 13.7 kg da⁻¹lik düzeyi sağladı. Denemenin ilk kurulduğu yılda Mo ve As parsellerinde spesifik denilebilecek toksiklik belirtileri gözlemlendi. Bu belirtiler Mo uygulama düzeyleri ile buğday bitkisinde yaprak uçlarından başlayarak ilerleyen sarıdan turuncu renge yakın sararmalar oluştu. Bu turuncu renk tüm yaprak damarları ve damar aralarında homojen olarak yayıldı. Mo uygulamasının yüksek düzeylerinde ve

gelişimin ilerleyen devresinde yine uçtan başlayarak bu turuncu kısımlar kurumaya başladı. Mo uygulanan parsellerde bitki gelişiminde ve boyunda gerileme ile cılız, küçük ve sağlıklı bir bitki görünümü ortaya çıktı. As dozlarının artışı ile bitki boyları kısaldı, parseldeki bitki yoğunluğu azaldı. En yüksek As dozunda bitki çıkışının çok az olduğu ve toksikliğin bitkinin çimlenme noktasında kendini ortaya çıkardığı gözlemlendi.

Yapılan çalışma ile dünya da beslenmede büyük paya sahip buğday bitkisinin son dönemlerde ağır metallerle kirlenmiş topraklarda yetiştirilmek zorunda kalındığında ortaya çıkabilecek verim düşüşleri ve toksiklik semptomları belirlendi. Dünyada yakın zamanda ağır metallerle kirlenmiş topraklarda artış ve ürünlerde verim düşmesi, kalite düşmesi ve ağır metal birikimi büyük bir problem olarak karşımıza çıkacaktır. Ağır metal kirliliğinin ürünlere etkilerinin tam olarak ortaya konulmasına, topraktan alımının kısıtlanmasına yönelik yeni yaklaşımlara, bununla birlikte kirliliği yerinde iyileştirecek fitoremediasyon teknikleri ile çalışarak kirliliğin artışı engelleyecek çözümlerin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Teşekkürler

Araştırmaya verilen desteklerinden dolayı Köy Hizmetler Genel Müdürlüğü'ne yazarlar teşekkür ederler.

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.

Kaynakça

- Anbar, A. D. (2004). Molybdenum stable isotopes: Observations, interpretations and directions. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 55, 429–454.
- Andrew, P., Brian, J., & Alloway J. (19912). *The Transfer of Cadmium from Agricultural Soils to the Human Food Chain* in: Adriado DC (eds). *Biogeochemistry of trace metals* (pp.109–158). CRC Press. London.
- Ashfaque, F., Inam, A., Sahay, S., & Iqbal, S. (2016). Influence of heavy metal toxicity on plant growth, metabolism and its alleviation by phytoremediation - A promising technology. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 6(2), 1–19. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2016/23543>

- Beusichem, M. L. (1990). *Plant nutrition-physiology and applications, effect of arsenic and molybdenum on plant response of cauliflower (Brassica oleracea) grown in sand culture*. Kluwer Academic Publishers. Canada
- Brozoska, M. M., & Moniuszko-Jakoniuk, J. (2001). Interactions between cadmium and zinc in the organism. *Food and Chemical Toxicology*, 39 (10), 967–980. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(01\)00048-5](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(01)00048-5)
- Cao, Q., Hu, Q. H., Khan, S., Wang, Z. J., Lin, A. J., Du, X., & Zhu, Y. G. (2007). *Wheat phytotoxicity from arsenic and cadmium separately and together in solution culture and in a calcareous soil*. Chinese Academy of Sciences, China.
- Chatterjee, C., & Nautiyal, N. (2006). Molybdenum stress affects viability and vigor of wheat seeds, *Journal of Plant Nutrition*, 24(9), 1377-1386. <https://doi.org/10.1081/PLN-100106988>
- Davis, R. D., & Beckett, P. H. T. (1978a). Upper critical levels of toxic elements in plants. II. critical levels of copper in young barley, wheat, rape, lettuce and ryegrass, and of nickel and zinc in young barley and ryegrass. *New Phytologist*, 80(1), 23–32.
- Davis, R. D., Beckett, P. H. T., & Wollan, E. (1978b). Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. *Plant and Soil*, 49, 395–408.
- DİE (1998). Tarımsal yapı (üretim, fiyat, değer). Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, DİE Matbaası, Ankara.
- Dubey, R. S. (2011). Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: Gupta SD (eds), *Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants* (pp 177-203). CRC Press, Boca Raton, USA.
- Gedikoğlu, İ., Kalınbacak, K., Yalçıklı, A., & Yurdakul, İ. (1997). *Bazı ağır metallerin topraktan ekstaksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması ve buğday yetiştirilerek kalibrasyonu*. Toprak ve Su Kaynakları Enstitüsü yayınları No:106. Ankara, Türkiye.
- Guo, G., Lei, M., Wang, Y., Song, B., & Yang, J. (2018). Accumulation of As, Cd, and Pb in sixteen wheat cultivars grown in contaminated soils and associated health risk assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (2601), 2–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112601>
- Han, Z., Wan, D., Tian, H., He, W., Wang, Z., & Liu, Q. (2019). Pollution assessment of heavy metals in soils and plants around a molybdenum mine in central China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28 (1), 123–133. <https://doi.org/10.15244/pjoes/83693>
- Havlin, J. L., Tisdela, S. L., Wernel, N. L., & Beaton, J. D. (2017). *Soil fertility and fertilizers*. Pearson India Education Services. India.
- He, Y., Zhang, T., Sun, Y., Wang, X., Cao, Q., Fang, Z., Chang, M., Cai, Q., & Lou, L. (2022). Exogenous IAA alleviates arsenic toxicity to rice and reduces arsenic accumulation in rice grains. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 734–741.
- He, Z. L., Yang, X. E., & Stoffella, P. J. (2005). Trace elements in agro-ecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19, 125–140. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.010>
- Imran, M., Sun, X., Hussain, S., Ali, U., Rana, M. S., Rasul, F., Shaukat, S., & Hu, C. (2020). Molybdenum application regulates oxidative stress tolerance in winter wheat under different nitrogen sources. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20, 1827–1837. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00254-6>
- Jackson M. L. (1962). *Soil chemical analysis*. Parallel Press. Madison, Wisconsin.
- Kamrozzaman, M. M., Khan, M. A. H., Ahmed, S., Sultana, N., & Quddus, A. F. M. R. (2016) Evaluation of five wheat varieties on arsenic contaminated soils of Bangladesh, *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 4(3), 330–337. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v4i3.15761>
- Kumar, J., Kumar, S., Mishra, S., & Singh, A. K. (2021). Role of zinc oxide nanoparticles in alleviating arsenic mediated stress in early growth stages of wheat. *Journal of Environmental Biology*, 42, 518-523. [https://doi.org/10.22438/jeb/42/2\(SI\)/SI-273](https://doi.org/10.22438/jeb/42/2(SI)/SI-273)
- Kumari, S., Khan, A., Singh, P., Kumar Dwivedi, S., Ojha Kumar, K., & Srivastava, A. (2019). Mitigation of As toxicity in wheat by exogenous application of hydroxamate siderophore of *Aspergillus* origin. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41,107.
- Kundu, R., Bhattacharyya, K., Majumder, A., & Pal, S. (2013). Response of wheat cultivars to arsenic contamination in polluted soils of West Bengal, India, *Cereal Research Communications*, 41(1), 66–77. <https://doi.org/10.1556/crc.2012.0027>
- Li, Q., Cai, S., Mo, C. H., Chu, B., Peng, L. H., & Yang, F. H. (2010). Toxic effects of heavy metals and their accumulation in vegetables grown in a saline soil, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.09.002>
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421–428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Liu, W. X., Liu, J. V., Wu, M. Z., Li, Y., Zhao, Y., & Li, S. R. (2009). Accumulation and translocation of toxic heavy metals in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) growing in agricultural soil of Zhengzhou China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82, 343–347.
- Macnicol, R. D., & Beckett, P. T. H. (1985). Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. *Plant and Soil*, 85, 107–129.
- Maiti, S. K., Kumar, A., & Ahirwal, J. (2015). Bioaccumulation of metals in timber and edible fruit trees growing on reclaimed coal mine overburden dumps. *International Journal of Mining Reclamation and Environment*, 30, 231–244. <https://doi.org/10.1080/17480930.2015.1038864>

- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. London, England.
- Mclaughlin, M. J., Parker, D. R., & Clarke, J. M. (1999). Metals and micronutrients-food safety issues. *Field Crops Research*, 60 (1-2), 143-163. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00137-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00137-3)
- Olsen, S. R., Cole, V., Watanable, F. S., & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*, United States Department of Agriculture. Washington, United States of America.
- Ozturk, A., & Arici, O. K. (2021). Carcinogenic-potential ecological risk assessment of soils and wheat in the eastern region of Konya (Turkey), *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 5471-15484.
- Pigna, M., Cozzolino, V., Caporale, A. G., Mora, M. L, Di-Meo, V., Jara, A. A., & Violante, A. (2010). Effects of phosphorus fertilization on arsenic uptake by wheat grown in polluted soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(4), 428-442. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200004>
- Rana, M. S., Sun, X., Imran, M., Khan, Z., Moussa, M. G., Abbas, M., Bhandana, P., Syaifudin, M., Din, I. U., Younas, M., Shah, Md. A., Afzal, J., & Hu, C. (2020). Mo-inefficient wheat response toward molybdenum supply in terms of soil phosphorus availability, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20, 1560-1573. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00298-8>
- Rascio, N., & Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science*, 180,169-181. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.016>
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement saline and alkaline soils*. United States Department of Agriculture. Washington, United States of America.
- Rizvi, A., Ahmed, B., Zaidi, A., & Khan, M. S. (2019). Heavy metal mediated phytotoxic impact on winter wheat: oxidative stress and microbial management of toxicity by *Bacillus subtilis* BM2. *The Royal Society of Chemistry*, 9, 6125-6142. <https://doi.org/10.1039/C9RA00333A>
- Roy, M., & McDonald, L. M. (2015). Metal uptake in plants and health risk assessments in metal-contaminated smelter soils. *Land Degradation and Development*, 26, 785-792. <https://doi.org/10.1002/ldr.2237>
- Sadeghi, M., Noroozi, M., Kargar, F., & Mehrbakhsh, Z. (2020). Heavy metal concentration of wheat cultured in golestan province, Iran and its health risk assessment, *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*, 5(2), 993-1000. <https://doi.org/10.18502/jehsd.v5i2.3386>
- Saeed, M., Quraishi, U. M., & Malik, R. N. (2021). Arsenic uptake and toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.): A review of multi-omics approaches to identify tolerance mechanisms, *Food Chemistry*, 355(1), 129607. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129607>
- Sponza, D., & Karaoğlu, N. (2002). Environmental geochemistry and pollution studies of Aliğa metal industry district. *Environment International*, 27(7), 541-553. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00108-8](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00108-8)
- Soto, J., Ortiz, J., Herrera, H., Fuentes, A., Almonacid, L., Charles T. C., & Arriagada, C. (2019). Enhanced Arsenic Tolerance in *Triticum aestivum* Inoculated with Arsenic-Resistant and Plant Growth Promoter Microorganisms from a Heavy Metal-Polluted Soil. *Microorganisms*, 7(9), 348. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090348>
- Şener, S., Gedikoğlu, İ., Bilgin, N., Güngör, H., & Üstün, H. (1994). Çeşitli etkenlerle kirlenen sulama sularının toprak özelliklerine ve bitki verimine etkisi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 80, Ankara, Türkiye.
- Thalassinos, G., & Antoniadis, V. (2021). Monitoring potentially toxic element pollution in three wheat-grown areas with a long history of industrial activity and assessment of their effect on human health in Central Greece, *Toxics*, 9(11), 293. <https://doi.org/10.3390/toxics9110293>
- Ulrich, A., & Hills, F. J. (1967). *Principles and practices of plant analysis. Soil testing and plant analysis. Part II*. SSSA Spec. Publ. Ser. 2. SSSA, Madison, WI.
- Veliu, A. (2016). Determination of heavy metals in soil in the industrial area. *Journal of International Environmental Application and Science*, 11(4), 391-395.
- Walkley, A., & Black, I. 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, J., Li, L., KeeL, S., Liu, X., & Pan, G. (2020). Responses of wheat and rice grain mineral quality to elevated carbon dioxide and canopy warming. *Field Crops Research*, 249, 107753. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107753>
- Wang, Z. W., Nan, Z. R., Wang, S. L., & Zhao, Z. J. (2011). Accumulation and distribution of cadmium and lead in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in contaminated soils from the oasis, north-west China. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 377-384. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4196>
- Yurdakul, İ., Kalınbacak, K., Terzi, D., & Peker, R. M. (2017a). Ağır metallerin tarla şartlarında buğday (*Triticum Aestivum* L.) verimine toksik etkisinin belirlenmesi. *Neveşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 580-593. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.327148>
- Yurdakul, İ., Kalınbacak, K., Terzi, D., & Peker, R. M. (2017b). Bazı ağır metallerin (Cu ve Zn) tarla şartlarında ekmeklik buğday verimine ve toksikliğine etkilerinin belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(2), 50-56.
- Yurdakul, İ. (2018). *Toprak gübre su bitki organik materyal ve mikrobiyoloji laboratuvar el kitabı*. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, No: T-72, Ankara, Türkiye.
- Zhao, H., Wu, Y., Lan, X., Yang, Y., Wu, X., & Du, L. (2022). Comprehensive assessment of harmful heavy metals in

contaminated soil in order to score pollution level.
Scientific Reports, 12, 3552.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-07602-9>

Soil and Foliar Applications of Chitosan in the Control of Root-Knot Nematode in Tomato

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR*¹, Tuğçe ÖZEK¹, Jean Claude NDAYIRAGIJE¹, Hacer ÇEVİK¹, İsmail KARACA¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 35-39, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 35-39, 2023

Abstract: In this research, the effect of soil, foliar and simultaneous soil+foliar applications of chitosan on gall and egg mass of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* was investigated in tomato plants under controlled conditions (24±1°C, 60±5% RH). Fluopyram (0.16 ml/L) was used as positive control while only nematode-treated plants were considered as negative control. The study was set up in a randomized plot design with 5 replications for each application. The liquid suspension of chitosan diluted at 1% was used. In soil application, 5 ml was applied to each pot by using a graduated cylinder while in foliar application, the liquid suspension at 1% was applied using a portable hand sprayer until the solution was finished. The study was evaluated according to the 1-9 gall and egg mass index 60 days after inoculation of nematodes. The lowest gall (2.8) and egg mass (2.4) indexes were detected in the simultaneous soil+foliar application and took place in the same statistical group with the positive control nematocidal. It was determined that the nematicidal effect of chitosan has increased in the case of combined soil and foliar applications. These results support the fact that chitosan applications are successful in the control of root-knot nematode.

Keywords: Chitosan, root-knot nematode, biological control, induced resistance

Domateste Kök Ur Nematodu Mücadelesinde Kitosanın Toprak ve Yaprak Uygulamaları

Öz: Bu çalışmada kontrollü koşullarda (24 ± 1°C, %60 ± 5 nem) domates bitkisinde kitosanın toprak, yaprak ve eş zamanlı toprak+yaprak uygulamalarının kök ur nematodu *Meloidogyne incognita*'nın gal ve yumurta paketi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Pozitif kontrol olarak Fluopyram (0.16 ml/L), negatif kontrol olarak sadece nematod uygulanan bitkiler kullanılmıştır. Çalışma her bir uygulama için tesadüf parselleri deneme deseninde 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada kitosanın %1 oranında seyreltilmiş sıvı süspansiyonu kullanılmıştır. Toprak uygulamasında her saksıya 5 ml mezür ile uygulanırken, yaprak uygulamasında ise hazırlanan %1'lik sıvı süspansiyonu portatif el püskürtücü kullanılarak çözelti bitene kadar uygulanmıştır. Çalışma nematod inokulasyonundan 60 gün sonra 1-9 gal ve yumurta paketi indeksine göre değerlendirilmiştir. En düşük gal (2.8) ve yumurta paketi (2.4) indeksi eş zamanlı toprak+yaprak uygulamasında tespit edilmiş ve pozitif kontrol nematisitle aynı istatistiki grupta yer almıştır. Kitosanın toprak ve yaprak uygulamasının beraber yapılması durumunda nematisidal etkinin arttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar kitosan uygulamalarının kök ur nematodu kontrolünde başarılı olduğunu desteklemektedir.

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

Alınış (Received): 01/03/2023
Kabul (Accepted): 25/05/2023

¹Isparta University of Applied Sciences,
Faculty of Agriculture, Department of
Plant Protection, Isparta, Türkiye.

Anahtar Kelimeler: Kitosan, kök ur nematodu, biyolojik kontrol, uyarılmış dayanıklılık

1. Introduction

There are more than 4100 plant parasitic nematode species identified so far (Zhu et al., 2022). Plant parasitic

nematodes can cause an annual loss of 173 billion dollars (Zhu et al., 2022). Root-knot, cyst and root lesion nematodes constitute the most dangerous group. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) have a wide host

range and cause significant damage primarily to vegetable crops (Kiewnick and Sikora, 2006). The plants infected with root-knot nematodes also become more susceptible to bacterial and fungal diseases as well (Ashraf and Khan, 2010). *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla* and *M. javanica* are the most important root-knot nematode species (Chen and Song, 2021).

Chemical nematicides and biopesticides are used for minimizing the losses arising from plant parasitic nematodes. However, the use of some nematicides is prohibited or restricted (Castaneda-Alvarez and Aballay, 2016). An additional disadvantage to the significant adverse effects of chemical nematicides on the ecosystem, environment, and human health has been the increase in resistance development due to intensive applications (Kiewnick and Sikora, 2006). There are a few biological agents used in the control of root-knot nematodes, the most common of which are *Paecilomyces lilacinum* and *Verticillium chlamyosporium* fungi. Nevertheless, their effectiveness is limited by their short-time persistence in the environment and instability under unfavorable conditions (Chandler et al., 2011). Therefore, environmentally friendly alternatives, biocontrol strains, sustainable dose formulations and new modes of action are needed (Forghani and Hajihassani 2020; Peiris, 2021).

Chitosan is a natural biopolymer produced by the deacetylation of chitin found in the outer shell and infungal cell walls of shrimps, shellfishes, lobsters or crabs. It was discovered by Henri Braconnot in 1811 (Chakraborty et al., 2020). Chitosan was reported to be environmentally friendly and biodegradable, inexpensive, easy to use, and able to control viruses, bacteria, fungi, insects, plant parasitic nematodes, and other pests locally and systemically (Anitha et al., 2014; Malerba and Cerana, 2016; Abd El-Aziz and Khalil, 2020; Alfay et al., 2020). Chitosan serves a variety of purposes in agriculture including fungicides, bio-stimulants, seed coating agents, soil conditioners, and even more. The soil remediation or its improvement using chitin and chitosan alleviates the symptoms of nematode damage (Mota and dos Santos, 2016; Fan et al., 2022). There are studies showing that the soil applications of chitin and chitosan reduce the density of root-knot nematodes gall, egg mass, and the 2nd instar larvae (L2) in the soil (Kalaiarasan et al., 2006; Ladner et al., 2008; El-Sayed and Mahdi, 2015). Moreover, foliar application has been widely used to control the development and spread of many diseases, including viral, bacterial, fungal diseases and pests (Rabea et al., 2003). It has been reported that the foliar applications of chitosan increase the production of some important metabolites (polyphenolics, flavonoids, lignin, and phytoalexins) in the plant and thus, induce the plant defense mechanism (Emami et al., 2017; Xoca-Orozco et al., 2017). In addition, chitosan-treated plants become less sensitive to the stresses caused by adverse conditions such as low or high

temperature, salinity, and drought (Lizárraga-Paulín et al., 2011; Pongprayoon et al., 2013).

In the current study, it was intended to evaluate the effect of soil and foliar applications of chitosan on the gall and egg mass of the root-knot nematode *M. incognita* in tomato plants under controlled conditions.

2. Material and method

2.1. Materials

The *M. incognita* ISP isolate, which is defined morphologically and molecularly as root-knot nematode material and whose mass production continues under climate room conditions ($24 \pm 1^\circ\text{C}$ and $60 \pm 5\%$ humidity), was used in the context of this study (Göze Özdemir et al., 2022a). The study was carried out on the Gulizar F1 tomato variety, which is known to be so susceptible to the root-knot nematode (Göze Özdemir et al., 2022b). The nematicide (Velum Prime®, Fluopyram) used as a positive control was purchased from Bayer Crop Science. The chitosan used in the study was obtained from the company, Kitinsan Agricultural Products and Industry Trade (Antalya, Türkiye).

2.2. Methods

Preparation of nematode inoculum: The nematode inoculum consisted of 1000 L2. After the roots of the mass-produced Tuezta F1 tomato variety were washed in tap water, egg masses were removed from the roots under a stereo microscope and incubated in a Petri dish with water at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ for three days. Three days later, L2s that had hatched from eggs were counted under the light microscope and adjusted to the number to use in experimentation and finally placed in 1 ml tubes (Göze Özdemir et al., 2022b).

The effects of soil and foliar applications of chitosan on the development of *M. incognita* in tomato roots: The study was set up in a climate room, the conditions of which were set at $24 \pm 1^\circ\text{C}$ and $60 \pm 5\%$ RH, in plastic pots into the randomized plot design with 5 replications for each application. The study consisted of 5 applications; 1: Soil application, 2: Foliar application, 3: Simultaneous Soil + Foliar application, 4: Positive control and 5: Negative control.

Three-week-old tomato seedlings were transplanted into 14 cm diameter-plastic pots containing approximately 1500 g of sterile soil (68% sand, 21% silt and 11% clay). After one week, the inoculation of 1000 *M. incognita* L2/1ml per pot was conducted. Chitosan was applied one day after the nematode inoculation. In soil application, 5 ml of 1% liquid suspension was applied to each pot by using a graduated cylinder (Göze Özdemir et al., 2022c). In

the foliar application, the previously prepared 1% liquid suspension was applied using a portable hand sprayer until the solution was completely finished (Sharathchandra et al., 2004). In the positive control nematocide (Velum Prime®) application, the field recommended dose was used, i.e., 0.16 ml/L per pot was applied. Only nematodes inoculated plants were used as negative control.

The experiment was terminated 60 days after nematode inoculation. Tomato plants from each application were carefully uprooted from the soil and washed with tap water. In evaluation, 1-9 gall (1: no gall, 2: 5 % root galling, 3: 6-10 %, 4: 11-18 %, 5: 19-25 %, 6: 26-50 %, 7: 51-65 %, 8: 66-75 %, 9: 76-100 %) and 1-9 egg mass index (1: no egg mass, 2: 1 or 2 egg masses, 3: 3-6 egg masses, 4: 7-10 egg masses, 5: 11-20 egg masses, 6: 21-30 egg masses, 7: 31-60 egg masses, 8: 61-100 egg masses, 9:100+ egg masses) were utilized (Göze Özdemir, 2022).

The data obtained as a result of the experiment were subjected to the SPSS (version 20.0) program statistical analysis and the analysis of variance (ANOVA) was performed to test the differences between the means. Means were compared with the Tukey HSD test ($P \leq 0.05$).

3. Results and Discussion

In the study, it was determined that soil, foliar and soil + foliar applications of the chitosan significantly reduced gall and egg mass formations by *M. incognita* in tomatoes as compared to the case of negative control. It was determined that the gall index found in the plants with chitosan soil application was lower than the one found in the plants with chitosan foliar application (Table 1). However, there was no statistical difference between soil and leaf applications in terms of egg mass index ($P \geq 0.05$). Among the chitosan applications, the highest suppressive effect on gall and egg mass was detected in the simultaneous soil + foliar application. In soil + foliar application, gall and egg mass index values were in the same statistical group as the positive control nematocide ($P \geq 0.05$).

This study revealed chitosan to possess great potential as a biocontrol of the root-knot nematode. Simultaneous soil and foliar application of chitosan were found to

significantly suppress gall and egg mass in roots. In addition, the fact that this suppressive effect was found similar to the one that resulted from the nematicide is another important output of this research. The foliar application method of chitosan is the most used in plant disease control (Bittelli et al., 2001; Khan et al., 2002; Iriti et al., 2009). Chitosan was widely used through foliar application for the control of many diseases (viral, bacterial, fungal) and pests' growth, spreads, and development (Rabea et al., 2003; Faoro et al., 2008). This widespread use is thought to be due to the property of chitosan to trigger the plant's defense system locally and systemically (El Hadrami et al., 2010). Besides, previous studies have presented that chitosan is able to induce systemic resistance against nematodes and then can protect plants from root-knot nematode infection (Mouniga et al., 2022). Chitosan particles have been reported to activate multiple signaling pathways in the case when they are recognized by specific receptors on cell membranes or cells, enabling a range of physiological responses including the secretion of antinematode enzymes, production of antinematode compounds, cell wall reinforcement and hypersensitive response (HR)-mediated cell death (Hirano et al., 1999; Sato et al., 2019). This can prevent the nematodes from feeding leading to their deaths (Kulikov et al., 2006). Unlike leaves, chitosan has a different control effect on nematodes when applied to the soil. In addition to the resistance development, chitosan increases chitinolytic microorganisms' population growth in the soil (Mota and dos Santos, 2016). Therefore, it provides multiple defense mechanisms against plant parasitic nematodes. There are so many examples indicating that the soil application of chitosan is effective against root knot nematodes (de Jin et al., 2005; Kalaiarasan et al., 2006; Ladner et al., 2008; Korayem et al., 2008; Khalil and Badawy, 2012). El-Sayed and Mahdi (2015) found above 80% of a nematicidal effect of high molecular weighted chitosan's non-diluted standard concentration on *M. javanica*.

4. Conclusion

As a result, it has been determined that chitosan applications were successful in the control of root-knot nematode and the nematicidal effect increased in the case of combined soil and foliar application. However, there is an important necessity to prove the concept of results

Table 1. Effect of soil and foliar applications of chitosan on *Meloidogyne incognita* gal and egg mass in the tomato roots

Application	Gal Index Aver.+Standard Error	Egg Mass Index Aver.+Standard Error
Soil	4.2±0.3 b*	3.8±0.2 b
Foliar	5.8±0.4 c	5.0±0.3 b
Soil+Foliar	2.8±0.3 ab	2.4±0.4 a
Negative control (N+)	7.4±0.4 d	6.6±0.2 c
Positive control (Velum®)	2.0±0.3 a	1.6±0.2 a

*Lower case letters in the same column indicate statistical differences between treatments ($P \leq 0.05$).

found within this study but in the field conditions. It is thought that the use of chitosan as a plant activator, which offers the opportunity for its use in IPM with environmental sustainability, will become disseminated. For that matter, it has been determined that the application of chitosan with environmentally friendly recycled wastes such as the soil regenerating materials (compost, biocontrol agents, mulching plants, shell residues) together can be important in controlling nematodes.

Acknowledgements

Tuğçe Özek was financially supported by the Council of Higher Education (YÖK) under 100/2000 scholarship program for PhD students.

Author Contributions

FGGO and IO designed the study, provided the materials and wrote the manuscript. TO, JCN and HC participated in the nematocidal effect bioassays and collected of data. All authors have read and approved the final manuscript. The authors have verified that the text, tables are original and that they have not been published before.

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

- Abd El-Aziz, M. H., & Khalil, M. S. (2020). Antiviral and Antinematodal potentials of chitosan. *Journal of Plant Science and Phytopathology*, 4, 055-059. <https://doi.org/10.29328/journal.jpssp.1001051>
- Alfy, H., Ghareeb, R. Y., Soltan, E., & Farag, D. A. (2020). Impact of chitosan nanoparticles as insecticide and nematicide against *Spodoptera littoralis*, *Locusta migratoria*, and *Meloidogyne incognita*. *Plant Cell Biotechnology Molecular Biology*, 21, 126-140.
- Anitha, A., Sowmya, S., Kumar, P. S., Deepthi, S., Chennazhi, K. P., Ehrlich, H., Tsurkan, M., & Jayakumar, R. (2014). Chitin and chitosan in selected biomedical applications. *Progress in polymer science*, 39(9), 1644-1667. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2014.02.008>
- Ashraf, M. S., & Khan, T. A. (2010). Integrated approach for the management of *Meloidogyne javanica* on eggplant using oil cakes and biocontrol agents. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(6), 609-614. <https://doi.org/10.1080/03235400801972434>
- Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G. S., & Nichols, E. J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107, 167-175. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00242-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00242-2)
- Castaneda-Alvarez, C., & Aballay, E. (2016). Rhizobacteria with nematicide aptitude: Enzymes and compounds associated. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(12), 203.
- Chakraborty, M., Hasanuzzaman, M., Rahman, M., Khan, M. A. R., Bhowmik, P., Mahmud, N. U., Tanveer, M., & Islam, T. (2020). Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer. *Agriculture*, 10(12), 624. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120624>
- Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., & Grant, W. P. (2011). The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 366(1573), 1987-1998.
- Chen, J. X., & Song, B. A. (2021). Natural nematocidal active compounds: Recent research progress and outlook. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(8), 2015-2031.
- El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I., & Daayf, F. (2010). Chitosan in plant protection. *Marine drugs*, 8(4), 968-987.
- El-Sayed, S. M., & Mahdy, M. E. (2015). Effect of chitosan on root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* on tomato plants. *International Journal of ChemTech Research*, 7(4), 1985-1992.
- Emami Bistgani, Z., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2017). The effect of drought stress and elicitor of chitosan on photosynthetic pigments, proline, soluble sugars and lipid peroxidation in *Thymus deanensis* Celak. in Shahrekord climate. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(1), 12-19.
- Fan, Z., Qin, Y., Liu, S., Xing, R., Yu, H., Li, K., & Li, P. (2022). Fluoroalkenyl-grafted chitosan oligosaccharide derivative: An exploration for control nematode *Meloidogyne incognita*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2080.
- Faoro, F., Maffi, D., Cantu, D., & Iriti, M. (2008). Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: the effects of chitosan and benzothiadiazole. *BioControl*, 53, 387-401.
- Forghani, F., & Hajihassani, A. (2020). Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1125.
- Göze Özdemir, F. G. (2022). Management of disease complex of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* on tomato using some essential oils. *Plant Protection Bulletin*, 62(4), 27-36. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.1172169>
- Göze Özdemir, F. G., Tosun, B., Şanlı, A., & Karadoğan, T. (2022a). Bazı Apiaceae uçucu yağlarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Nematoda:

- Meloidogynidae)'ya karşı nematoksik etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3), 529-539.
- Göze Özdemir, F. G., Arıcı, Ş. E., & Elekcioglu, İ. H. (2022b). Interaction of *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) (Nemata: Meloidogynidae) and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker in tomato F1 hybrids with differing levels of resistance to these pathogens. *Turkish Journal of Entomology*, 46(1), 63-73. <https://doi.org/10.16970/entoted.1027969>
- Göze Özdemir, F. G., Çevik, H., Ndayiragije, J. C., Özek, T., & Karaca, İ. (2022c). Nematicidal effect of chitosan on *Meloidogyne incognita* in vitro and on tomato in a pot experiment. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(3), 410-416. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.3.10>
- Hirano, S., Nakahira, T., Nakagawa, M. & Kim, S. K. (1999). The preparation and applications of functional fibres from crab shell chitin. *Journal of Biotechnol*, 70, 373-377. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(99\)00090-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(99)00090-5)
- Iriti, M., Picchi, V., Rossoni, M., Gomarasca, S., Ludwig, N., Garganoand, M., & Faoro, F. (2009). Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Environmental and Experimental Botany*, 66, 493-500. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.01.004>
- De Jin, R., Suh, J. W., Park, R. D., Kim, Y. W., Krishnan, H. B., & Kim, K. Y. (2005). Effect of chitin compost and broth on biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nematology*, 7(1), 125-132.
- Kalaiarasan, P., Lakshmanan, P., Rajendran, G., & Samiyappan, R. (2006). Chitin and chitinolytic biocontrol agents for the management of root knot nematode, *Meloidogyne arenaria* in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. Co3. *Indian Journal of Nematology*, 36(2), 181-186.
- Khalil, M. S., & Badawy, M. E. (2012). Nematicidal activity of a biopolymer chitosan at different molecular weights against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Plant Protection Science*, 48(4), 170-178. <https://doi.org/10.17221/46/2011-PPS>
- Khan, W., Prithiviraj, B., & Smith, D. L. (2002). Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthesis Research*, 40, 621-624.
- Kiewnick, S., & Sikora, R. A. (2006). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biological control*, 38(2), 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.12.006>
- Korayem, A. M., Youssef, M. M. A., & Mohamed, M. M. M. (2008). Effect of chitin and abamectin on *Meloidogyne incognita* infecting rapeseed. *Journal of Plant Protection Research*, 48, 365-370.
- Kulikov, S. N., Chirkov, S. N., Il'Ina, A. V., Lopatin, S. A., & Varlamov, V. P. (2006). Effect of the molecular weight of chitosan on its antiviral activity in plants. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 42, 200-203.
- Ladner, D. C., Tchounwou, P. B., & Lawrence, G. W. (2008). Evaluation of the effect of ecologic on root knot nematode, *Meloidogyne incognita*, and tomato plant, *Lycopersicon esculentum*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 5(2), 104-110. <https://doi.org/10.3390/ijerph5020104>
- Lizárraga-Paulín, E. G., Torres-Pacheco, I., Moreno-Martínez, E., & Miranda-Castro, S. P. (2011). Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology*, 10(34), 6439-6446. DOI: 10.5897/AJB10.1448
- Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan effects on plant systems. *International journal of molecular sciences*, 17(7), 996. <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>
- Mota, L. C. B. M., & dos Santos, M. A. (2016). Chitin and chitosan on *Meloidogyne javanica* management and on chitinase activity in tomato plants. *Tropical Plant Pathology*, 41(2), 84-90.
- Mouniga, R., Anita, B., Shanthy, A., Lakshmanan, A., & Karthikeyan, G. (2022). Phenol and antioxidant enzymatic activity in root knot nematode, *Meloidogyne incognita* infected tomato plants treated with chitosan nanoparticles. *The Pharma Innovation Journal*, 11(4), 241-245. <https://doi.org/10.22271/tpi.2022.v11.i4d.11754>
- Peiris, P. U. S. (2021). Use of botanicals in root-knot nematode control: a meta-analysis. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(4), 913-922.
- Pongprayoon, W., Roytrakul, S., Pichayangkura, R., & Chadchawan, S. (2013). The role of hydrogen peroxide in chitosan-induced resistance to osmotic stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant growth regulation*, 70, 159-173.
- Rabea, E. I., El Badawy, M. T., Stevens, C. V., Smagghe, G., & Steurbaut, W. (2003). Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4, 1457-1465. <https://doi.org/10.1021/bm034130m>
- Sato, K., Kadota, Y., & Shirasu, K. (2019). Plant immune responses to parasitic nematodes. *Frontiers in plant science*, 1165. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01165>
- Sharathchandra, R. G., Raj, S. N., Shetty, N. P., Amruthesh, K. N., & Shetty, H. S. (2004). A Chitosan formulation Elexa™ induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. *Crop Protection*, 23(10), 881-888. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.12.008>
- Xoca-Orozco, L. Á., Cuellar-Torres, E. A., González-Morales, S., Gutiérrez-Martínez, P., López-García, U., Herrera-Estrella, L., Vega-Arreguín, J., & Chacón-López, A. (2017). Transcriptomic analysis of avocado hass (*Persea americana* Mill) in the interaction system fruit-chitosan-Colletotrichum. *Frontiers in plant science*, 8, 956. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00956>
- Zhu, M. C., Li, X. M., Zhao, N., Yang, L., Zhang, K. Q., & Yang, J. K. (2022). Regulatory mechanism of trap formation in the nematode-trapping fungi. *Journal of Fungi (Basel)*, 8(4), 406.

The Effects of Pruning Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as a Single Stemmed and Single-Headed Morphological Design on Growth and Development Characteristics and Agricultural Potential

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 40-49, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 40-49, 2023

Fiروز Ahmad NIKZAD¹, Hasan BAYDAR*¹

Abstract: The aim of this study was to determine the possible effects of pruning the side branches at different stages, designed as a single stem/single head, on the growth and development characteristics of the safflower (*Carthamus tinctorius* L.) plant and its agricultural potential under the different plant spacing. In the research, which was established with 3 replications according to the split-plot, 3 pruning times (beginning of budding, end of budding and beginning of flowering) and 3 different row distances (15 x 10, 30 x 10, and 45 x 10 cm) were applied. While pruning treatments had positive effects on chlorophyll content, plant height, head diameter, seed number, and 1000 seed weight, they had negative effects on seed weight, harvest index, oil ratio, seed and oil yield. Chlorophyll content, plant height, the number of branches, head diameter, the number of heads, the number of seeds, seed weight, and 1000 seed weight increased as row spacing widened; harvest index, seed and oil yield decreased; oil ratio was unaffected. The research findings showed that pruning time and sowing distances had non-significant effect on fatty acid composition. Despite having more seeds and a heavier 1000 seed weight, plants with a single stem/single head had lower seed and oil yields because they did not have as many heads as branched plants. The research findings are important in providing data that can be a role model for genetically non-branching plants.

Keywords: Agronomic potential, morphological design, pruning, safflower, single-stem and single-head

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Bitkisinin Budanması ile Oluşturulan Tek Sap ve Tek Tabla Şeklindeki Morfolojik Tasarımın Büyüme ve Gelişme Özellikleri ile Tarımsal Potansiyeli Üzerine Etkisi

Öz: Bu araştırma, tek bir ana sap üzerinde tek bir ana tabla kalacak şekilde yan dalları budanarak dizayn edilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin farklı ekim sıklığı koşullarında büyüme ve gelişme özellikleri ile tarımsal potansiyelinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulan çalışmada, kontrol (budama yok) ile birlikte 3 budama zamanı (tomurcuklanma başlangıcı, tomurcuklanma sonu ve çiçeklenme başlangıcı) ve 3 sıra arası mesafe (15 x 10, 30 x 10 ve 45 x 10 cm) uygulanmıştır. Budama ile birlikte klorofil içeriği, bitki boyu, tabla çapı, tohum sayısı ve 1000 tane ağırlığı olumlu yönde, tohum ağırlığı, hasat indeksi, yağ oranı, tohum ve yağ verimi olumsuz yönde etkilenmiştir. Sıra arası mesafe genişledikçe klorofil içeriği, bitki boyu, dal sayısı, tabla çapı, tabla sayısı, tohum sayısı, tohum ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı artarken, hasat indeksi, tohum ve yağ verimi azalmış, yağ oranı önemli düzeyde etkilenmemiştir. Yağ asitleri kompozisyonu üzerine hem budama zamanının hem de ekim sıklığının önemli bir etkisi olmamıştır. Tek sap/tek tabla bırakılan bitkilerin tablada tohum sayıları ve 1000 tane ağırlıkları fazla da olsa, dallanan bitkiler kadar çok tabla sayısına sahip olmadıklarından tohum ve yağ verimleri düşük kalmıştır. Budama yapılarak tek sap/tek tabla bırakılan bitkilerden elde edilen araştırma bulgularının, genetik dallanmayan bitkiler için rol model olabilecek veriler sunması bakımından oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

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

Alınış (Received): 06/03/2023
Kabul (Accepted): 07/06/2023

¹Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal potansiyel, morfolojik tasarım, budama, aspir, tek sap ve tek tabla

1. Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L., $2n = 2x = 24$) is a valuable annual and herbaceous cultivar from the *Asteraceae/Compositae* family (Knowles, 1980). The seeds of the safflower plant, which are rich in fatty acids, are considered a source of omega vegetable oil, and the flowers, which are rich in color pigments such as carthamidin and carthamin, are used as a source of dye stuffs (Weiss, 2000). Safflower seeds contain between 13-46% crude oil (Johnson et al., 1999), and cultivars that are rich in linoleic acid (omega-6) and oleic acid (omega-9) are traditionally cultivated. Safflower oil is used as both cooking oil and industrial oil, especially for biodiesel production (Baydar and Erbaş, 2007). In recent years, safflower oil has also been used as a healthy weight-loss diet oil because it contains more conjugated linoleic acid (CLA) than other vegetable oils (Ma et al., 1999).

The worldwide vegetable oil crisis and price hikes have increased the importance of safflower oil sources, which may be used as an alternative to oil plants such as palm, soybean, rapeseed, sunflower, and peanut. Safflower, which completes its biological growth and development cycles within 4–5 months, is gradually increasing its importance as an alternative plant that can be utilized, especially in agricultural areas where irrigation is not available in dry farming conditions (Baydar and Erbaş, 2014). The oil percentage of registered commercial safflower varieties in Turkey varies between 24-41%, and varieties that are rich in linoleic and oleic acid are cultivated (Arslan et al., 2019).

The three most important selection criteria determining the seed yield in safflower are the number of heads per plant, the number of seeds per head and unit seed weight (Ashri et al., 1974; Knowles, 1982; Golkar et al., 2011; Shinwari et al., 2014). High-yielding genotypes can be developed by selection, especially considering the number of heads per plant and the number of seeds per head (Erbaş, 2012). Both wild and cultivated varieties of safflower are branched, and the degree of branching is determined by both genotype and environment (Smith, 1996). Among safflower plants, unbranched, single-stemmed and single-headed plants are rarely seen (Deshpande, 1940; Claassen, 1952; Sheelavanter et al., 1974; Singh and Nimbkar, 2016), this idiootype is inherited as monogenic recessive (Deokar et al., 1978). Deshpande (1940), stated that plants forming a single terminal head on a single main stem carry a sufficient number of flowers with a normal appearance but produce very few seeds (1-20) due to sterility, whereas the number of seeds in normal branched and multi-headed plants is very high (200-2000).

While old varieties of sunflower (*Helianthus annuus* L.), which is in the same family as safflower (*Compositae*)

and is one of the most important vegetable oil sources in the world, branch and form multiple heads, today's modern hybrid sunflower varieties form a single stem and a single head as a product of genetic and breeding studies (Tang et al., 2006). In order for the sunflower varieties forming a single stem/single head to compete with the varieties forming many branches/multi-heads, the plant height was shortened, the diameter of the main head was enlarged, the number of seeds in the head and the seed size were increased, and the number of plants per unit area was increased (Fick et al., 1985; Skoric et al., 2007). Earliness, homogeneous flowering and maturation were achieved by the morphological design of the sunflower with genetic interventions, thus increasing the yield potential, oil percentage and market value (Heiser, 1955; Vear, 2016). However, all of the currently cultivated safflower cultivars branch and form many capitulum in primary, secondary and tertiary branches. The heterogeneous flowering interval, which starts with the main stem head and continues with the secondary and tertiary heads, respectively, from top to bottom and from the outside to the inside (Baydar and Turgut, 1999), delays the maturation period, reduces the generative efficiency (harvest index) and makes harvest mechanization difficult (Heiser, 1955; Singh and Nimbkar, 2016). Moreover, plants that branch excessively and produce more secondary and tertiary capitula prevent dense planting and tend to lodge due to excessive mass weight (Weiss, 2000).

Safflower is a very suitable plant for developing phenotypic designs or idiotypes with its very rich gene resources (Singh and Nimbkar, 2016). It has not been clarified yet what the ideal idiootype should be in order to obtain high quality safflower with a high yield. However, when a single main stem that develops upright and has a solid structure and carries a single large main head, it may be possible to eliminate the aforementioned problems to a large extent. The two main ways to develop a single-stemmed and single-headed plant in safflower are: (1) to obtain genetically unbranched mutant plants or (2) to leave a single main stem by physically pruning the plant (Baydar et al., 2022). Singh and Nimbkar (2016), reported that there is a wide variation in the number of seeds per head in unbranched mutant safflower plants, with some having no or very few seeds and some with 50–60 seeds. In the safflower genetics and breeding studies carried out at Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, it was found that 60 of a total of 2800 plants (2.15%) were single-stemmed and single-headed spontaneous mutants in the trial field where the branching and multi-headed Olas variety was grown. It has been reported that they show sterility to a large extent due to pollination, fertilization and germination problems; however, there are also those with high fertility among them (Baydar et al., 2022).

Another way to develop safflower plants with a single stem and a single head is to physically remove the side branches by pruning (removing all the buds from the nodes on the main stem or removing the shoots by pruning) and design them with a single main stem consisting of only the main head. For example, in castor oil (*Ricinus communis* L.), lateral buds are plucked and shoots are pruned to provide dwarfism and earliness and to increase yield and quality (Patel et al., 1976). To date, only one study has been found on pruning in safflower. Karve et al. (1976), by pruning all the side branches of the safflower plant except the main stem, determined that the main plate was larger, the number of seeds was higher and the unit seed weight was higher.

The aim of this study was to determine the growth and development characteristics and agricultural potential of safflower plants, which were grown in three different densities and designed with a single main stem and a single main head by pruning the side branches at three different times, in order to develop modern safflower cultivars with a single stem and a single head similar to the morphological design of sunflowers.

2. Material and method

This research was carried out at Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops' Experimental Field in 2021. The safflower variety "Olas" (thorny, yellow-flowered, white-seeded and rich in oleic acid) developed by Trakya Agricultural Research Institute was used as genetic material. The soil structure of the experimental area was clay-loam, the amount of lime was 7.2%, the amount of salt was determined as 0.4 mmhos/cm, usable phosphorus was 3.9 kg/da and potassium was 0.119 kg/da. In addition, it was determined that the soil in the trial area was slightly alkaline (pH 7.5) and insufficient in terms of organic matter (1.1%). The climate data for the year 2021, when the field trial was established, are given in Table 1 in

comparison with the data for the long years (1929–2020). It is seen that the experimental area has properties suitable for safflower cultivation in terms of both its physical and chemical structure and climatic characteristics.

The field experiment was set up as a split-plot design in a complete randomized block design with 3 replications. Each main plot of the experiment was formed from 12 rows with a length of 5 m and each subplot was formed from 3 rows. Three different sowing densities (45 x 10 cm, 30 x 10 cm and 15 x 10 cm) were placed on the main plots and 3 different pruning times (BB: the beginning of the budding stage, EB: the end of the budding stage, and BF: the beginning of the flowering stage) together with unpruned plants (C: Control) were applied on the sub plots. Thus, a total of 12 parcels, 3 main and 4 sub-parcels, took place in each replication. On March 29, 2021, seeds were planted at a depth of 3-5 cm in rows opened with a marker at 15, 30 and 45 cm intervals, and thinning was done at 10 cm intervals on each row after emergence. Thus, plants were grown in three different densities: 45 x 10 cm (22.2 plants/m²), 30 x 10 cm (33.3 plants/m²) and 15 x 10 cm (66.6 plants/m²). During sowing, 10 kg/da of DAP (18% N and 46% P₂O₅) fertilizer and 20 kg/da of AS (21% N) fertilizer were applied to the experimental plots during the stemming period; all of the phosphorus and half of the nitrogen were added with planting and the other half of the nitrogen was added during the stemming period (Erbaş, 2012). At the beginning of budding, at the end of budding and at the beginning of flowering, the lateral branches were pruned from the leaf axils with the help of pruning shears, leaving only the main head on the main stem (Figure 1). After pruning, the plants were kept under constant observation, and the shoots from the leaf axils were cut off and discarded. One of the sub-plots was left as a control and no pruning was applied. The dry farming cultivation techniques recommended for safflower were applied from emergence to harvest.

Table 1. Isparta province's monthly average climatic data for the trial year*

Months	Long years (1929 – 2020)			2021 Year		
	Rains (mm)	Temperature (°C)	Humidity (%)	Rains (mm)	Temperature (°C)	Humidity (%)
January	81.0	1.8	75.3	88.3	5.2	77.8
February	67.6	2.9	71.7	16.3	6.5	62.5
March	58.8	6.0	65.9	45.0	6.7	62.4
April	52.1	10.7	61.3	8.0	12.8	54.2
May	57.0	15.4	59.2	2.3	19.6	42.7
June	34.3	19.9	52.7	145.0	19.9	58.6
July	15.9	23.4	45.6	8.4	25.9	39.4
August	14.3	23.3	46.3	1.1	26.3	34.6
September	18.5	18.9	52.2	13.5	20.4	47.3
October	38.4	13.4	62.3	12.8	14.9	53.7
November	44.8	7.8	69.9	22.1	11.8	61.4
December	86.7	3.6	76.0	124.9	6.0	77.0
Total	569.4	-	-	487.7	-	-
Average	-	12.3	61.5	-	14.7	56.0

* Climate data from Isparta Provincial Directorate of Meteorology, Isparta Province, Central District.



Figure 1. Pruned (right rows) and unpruned (left rows) safflower plants

Chlorophyll concentration measurements were made in leaves with the Minolta SPAD-502 (Minolta Co. Ltd., Japan) during the full bloom period. Plant height (cm), the number of branches, the number of heads, diameter of the main head (mm), the number of seeds in the main head, 1000 seed weight (g), harvest index (%) [(Seed Weight/Plant Weight) \times 100] were determined in 10 randomly selected plants in the experimental plots that were not affected by the margin effect, and seed yield (kg/da) was determined in the remaining all plants in the plot harvested after the border effect was removed (Baydar and Erbaş, 2016). After drying for 48 hours in an oven set at 70 °C, the seed samples representing each trial plot were read in a Nuclear Magnetic Resonance (NMR) device (Bruker: mq one Total Fat Analyzer), and the oil percentage (%) was determined. After grinding the safflower seeds used in NMR measurement, cold extraction was performed with n-hexane and the crude oils obtained were converted into fatty acid methyl esters (FAME), and the percentages of fatty acids (palmitic C16:0, stearic C18:0, oleic C18:1, linoleic C18:2, and linolenic C18:3) that make up safflower oil were determined by injecting them into the column (Teknokroma TR-CN100) of the Gas Chromatography device (Shimadzu GC/FID-2025) (Baydar and Erbaş, 2016). The collected data were analyzed for variance using the TOTEM-STAT statistical program based on the split plot design in a completed randomized block, and the differences between the averages were classified into significance groups using the Duncan test (Açıköz et al., 2004).

3. Results and Discussion

Table 2 shows the results of planting in different densities and pruning of the safflower plant in terms of the effects of morphological design in the form of single stem and single head plants on growth and development characteristics and Duncan's important groups. Plants that were not pruned (control) flowered 86 days after emergence, plants pruned at the beginning of budding flowered 81 days after emergence, plants pruned at the

end of budding flowered 83 days after emergence and plants pruned just before the flowering period begins flowered 85 days after emergence. According to these results, the plants that are pruned to leave a single stem/single head bloomed earlier than the plants that are not pruned, and the transition to flowering is delayed as the pruning time is delayed. During the full flowering period, SPAD readings were made on the leaves and the total chlorophyll amounts were measured. In terms of chlorophyll content, statistically significant differences were found among sowing densities at the level of 5% ($P < 0.05$) among pruning times and between sowing density \times pruning time interaction at the level of 1% ($P < 0.01$). While the average SPAD value was determined as 72.3 in unpruned plants, this value was measured as 86.9 at the first pruning time and 74.7 at the third pruning time (Table 2). According to these results, as the pruning time was delayed, the average SPAD value of the leaves decreased. The removal of the side branches, which reduced the light radiation by creating a shadow effect in the plant habitus, increased the chlorophyll density in the leaves exposed to more light on the main stem.

The effects of sowing density, pruning time and the interaction of sowing density \times pruning time on plant height were found to be statistically significant ($p < 0.01$). The average plant height values of pruned plants measured in the BB, EB and BF times (55.3, 60.2 and 57.7 cm, respectively) were higher than the average plant height value measured in the unpruned control (55.1 cm) plants. On the other hand, plant height values were measured as 52.5, 60.4 and 58.4 cm at 15, 30 and 45 cm row spacing, respectively. The plants grown with 30 cm and 45 cm row spacing gave higher average plant heights than plants grown with 15 cm row spacing (Table 2). In studies on the effect of planting density on plant height in safflower, it was generally seen that plant height increased in crowded densities compared to uncrowded densities (Omidi and Sharifmogadasi, 2010; Zarei et al., 2011; Hamza, 2015; Köse and Bilir, 2017; Sampaio et al., 2017; Çalışkan and Yüksel, 2022), while in some studies,

Table 2. Averages obtained for characteristics measured in the safflower at different planting distances and pruning times and Duncan importance groups

Characteristics	Pruning time	Row spacing (cm)			Average
		15	30	45	
Chlorophyll content (SPAD)	Beginning of Budding (BB)	83.0 A b*	86.0 A b	91.7 A a	86.9 a
	End of Budding (EB)	74.0 B b	82.0 B a	80.3 B a	78.8 b
	Beginning of Flowering (BF)	76.0 B a	72.0 D b	76.0 C a	74.7 c
	Control (C)	70.7 C b	76.0 C a	70.3 D b	72.3 c
	Average	75.9 B	79.0 AB	79.6 A	
Plant height (cm)	Beginning of Budding (BB)	58.6 A a	54.5 B b	52.8 B b	55.3 b
	End of Budding (EB)	58.5 A a	62.7 A a	59.4 A a	60.2 a
	Beginning of Flowering (BF)	49.1 B b	62.5 A a	61.6 A a	57.7 ab
	Control (C)	43.6 C b	62.0 A a	59.6 A a	55.1 b
	Average	52.5 B	60.4 A	58.4 A	
Number of branches (plant)	Beginning of Budding (BB)	1.0	1.0	1.0	1.0 b
	End of Budding (EB)	4.4 c	6.2 b	8.9 a	6.4 a
Number of heads (plant)	Beginning of Flowering (BF)	1.0	1.0	1.0	1.0 b
	Control (C)	5.3 c	11.0 b	13.7 a	10.0 a
	Average	5.8 B	7.2 A	7.3 A	
Main head diameter (mm)	Beginning of Budding (BB)	26.6 A b	27.8 A b	31.3 A a	28.6 a
	End of Budding (EB)	26.3 A b	29.1 A a	29.6 B a	28.3 a
	Beginning of Flowering (BF)	24.2 B b	26.3 B a	26.3 C a	25.8 b
	Control (C)	19.2 C b	21.1 C a	21.7 D a	20.7 c
	Average	24.1 B	26.2 A	27.2 A	
Number of seeds (head)	Beginning of Budding (BB)	43.3 A a	40.3 A a	38.7 B b	40.7 a
	End of Budding (EB)	46.1 A a	41.9 A b	44.0 A a	44.0 a
	Beginning of Flowering (BF)	35.9 B b	44.1 A a	42.7 A a	40.9 a
	Control (C)	18.1 C b	27.4 B a	30.7 C a	25.4 b
	Average	35.8 B	38.4 A	39.1 A	
1000 seed weight (g)	Beginning of Budding (BB)	45.9 A b	52.9 A a	55.5 A a	51.4 a
	End of Budding (EB)	44.9 A b	49.6 A b	57.7 A a	50.8 a
	Beginning of Flowering (BF)	42.6 A b	41.5 B b	52.7 A a	45.6 a
	Control (C)	35.5 B a	35.6 B a	38.8 B a	36.6 b
	Average	42.2 B	44.9 B	51.2 A	
Harvest index (%)	Beginning of Budding (BB)	10.7 C a	8.7 B a	11.1 B a	10.0 b
	End of Budding (EB)	13.1 B a	10.2 B b	11.7 B a	11.7 b
	Beginning of Flowering (BF)	15.1 B a	9.6 B b	12.7 B a	12.5 b
	Control (C)	19.3 A a	16.1 A b	16.1 A b	17.2 a
	Average	14.4 A	11.1 B	12.9 AB	
Seed yield (kg/da)	Beginning of Budding (BB)	133.7 B a	71.3 B b	42.0 B b	82.4 b
	End of Budding (EB)	125.7 B a	67.9 B b	54.8 B b	82.8 b
	Beginning of Flowering (BF)	102.4 B a	65.3 B b	55.1 B b	74.2 b
	Control (C)	211.7 A a	201.3 A a	159.4 A b	190.6 a
	Average	143.3 A	101.5 B	77.8 B	

*There is no statistical difference between the averages shown with the same character(s). Capital characters indicate the importance level of planting density, small characters indicate the importance level of pruning time.

similar to our findings, it has been reported that plant height decreases with an increase in plant density (Yau, 2009; Noroozi and Kazemini, 2013). The relationship between plant density and plant height is related to the competition between plants in terms of light, air, water and nutrients. Plants can get stressed under high-density growing conditions and shorten their height.

According to the analysis of variance results, both the number of branches per plant and the number of heads per plant were statistically significantly ($p < 0.01$) affected by the pruning time in the branching plants left as controls. Unpruned plants formed 4.4, 6.2 and 8.9 branches, 5.3, 11.0 and 13.7 heads, respectively, at 15, 30 and 45 cm row spacings, and as the plant density

decreased, the number of branches and the number of heads per plant increased (Table 2). The number of plants per unit area has a very decisive effect on the number of branches and indirectly on the number of heads (Weiss, 2000), as the number of plants per unit area decreases, the plants branch more and increase the number of secondary and tertiary tables, thus compensating for the possible decrease in yield (Weiss, 2000; Elfadl et al., 2009).

The effects of sowing density, pruning time and the pruning time x sowing density interaction on the main head diameter was found to be statistically significant ($p < 0.01$). The head diameter of pruned safflower plants was higher than that of unpruned safflower plants. By delaying the time for pruning from the beginning of budding to the beginning of flowering, the average head diameter decreased from 28.6 mm to 25.8 mm. On the other hand, as the spacing between rows expanded, the average head diameter increased from 24.1 mm to 27.2 mm (Table 2). It has also been reported in many other research findings that the diameter of the main head increases as the row spacing increases (Uslu et al., 1998; Bellé et al., 2012; Al-Doori, 2013; Köse and Bilir, 2017; Jaffar and Al-Refai, 2021).

The effect of the sowing density on the number of seeds per head was statistically significant at the level of 5%, the pruning time and the interaction of pruning time x sowing density were found to be significant at the level of 1%. As the spacing between rows expanded, the number of seeds produced per head also increased (35.8, 38.4 and 39.1, respectively) (Table 2). There are many research findings that the number of seeds produced per head increases as the planting distances increase (Hoag et al., 1968; Abel, 1976; Nasr et al., 1978; Ehsanzadeh and Baghdad-Abadi, 2003; Mohamadzadeh et al., 2011; Çalışkan, 2018; Gürsoy et al., 2018; Omid et al., 2021). In our study, the number of seeds per head in pruned plants increased almost twice as much as compared to unpruned plants (Table 2). On average, 100 flowers are formed per head of safflower plant, but only half of these flowers can form seeds. The fact that plants whose lateral branches are removed by pruning, leaving only one main head, devote all the products of photosynthetic absorption to feeding this main head, may have caused the flowers formed in the main head to form more seeds. Based on our research findings, it is possible that single-stemmed/single-headed plants, whether they were obtained by genetic intervention or physical intervention, compete with standard branching varieties by planting so densely that the number of plants per unit area increases at least 10 times compared to the standard planting density applied to branching varieties.

While the effect of sowing density and pruning time on 1000 seed weight was statistically significant ($p < 0.01$), the interaction of pruning time x sowing density was not

significant. The 1000 seed weight of the pruned plants was higher than the control. Although all three pruning times are in the same importance group, the plants pruned at the beginning of budding had a higher 1000 seed weight than the other two pruning times (Table 2). Similarly, Karve et al. (1976), reported that safflower plants with pruned lateral branches had higher seed size and unit weight. In our study, as the distance between sowing rows expanded, the number of heads per plant, the number of seeds per head and the weight of seeds per plant increased, as well as the 1000 seed weight ($p < 0.01$). 1000 seed weight was 42.2, 44.9 and 51.2 g at 15, 30 and 45 cm row spacings, respectively (Table 2). Polat (2007) reported that the 1000 seed weight of the plants increased as the spacing between rows expanded.

While sowing density and pruning time did not have a statistically significant effect on the harvest index, the interaction of pruning time x sowing density was found to be statistically significant ($p < 0.01$). In the safflower plant, the harvest index expresses the share allocated to the seed in the total photosynthetic dry matter production. In our study, the harvest index in control plants that were not pruned was determined to be 17.2%, while the harvest index in single-stemmed/single-headed pruned plants varied between 10-12.5%. With a delay in pruning time, the harvest index increased from 10% to 12.5% (Table 2). As the distance between the rows increased, the harvest index decreased from 14.4% to 12.9% (Table 2). When the plants are grown at wider distances, the harvest index decreases due to excessive branching. In support of our research findings, Ehsanzadeh and Baghdad-Abadi (2003), found that the harvest index decreased as the planting distances increased in safflower.

While there were statistically significant differences at the level of 1% between sowing densities and pruning times in terms of seed yield, the interaction of pruning time x sowing density was not significant. While the average seed yield of the controls was 190.6 kg/da, it was 82.4, 82.8 and 74.2 kg/da, respectively, in the BB, EB and BF pruning times ($p < 0.01$). The highest seed yield (211.7 kg/da) was obtained from control plants grown at 15 cm row spacing, while the lowest seed yield (42.0 kg/da) was obtained from plants pruned at the beginning of budding and grown at 45 cm row spacing. Although pruning times are in the same importance group, seed yield was higher on plants pruned at the beginning of budding compared to the other two pruning times. As the distance between sowing rows expanded, the seed yield decreased significantly due to the decrease in the number of plants per unit area ($p < 0.01$); it was 143.3, 101.5 and 77.8 kg/da at 15, 30 and 45 cm row spacings, respectively (Table 2).

Although the most important yield determinants such as the number of heads per plant, the number of seeds per head and 1000 seed weight increased as the planting

distances expanded, the seed yield decreased as the number of plants per unit area (45x10 cm = 22.2 plants/m², 30x10 cm = 33.3 plants/m² and 15x10 cm = 66.6 plants/m²) decreased significantly. In support of our findings, there are many studies reporting that seed yield decreases as planting spacing is expanded in safflower (Hoag et al., 1968; Nasr et al., 1978; Ehsanzadeh and Baghdad-Abadi, 2003; Yau, 2009; Sharifmoghaddasi and Omid, 2009; Mohamadzadeh et al., 2011; Zarei et al., 2011; Hamza, 2015; Caliskan and Caliskan, 2018). Although the number of seeds per head and the 1000 seed weight of pruned plants with a single stem/single head were higher, the seed yields of the pruned plants were lower because they do not branch as much as unpruned plants. It is only possible for single-stemmed/single-headed plants to compete with classically branching plants in conditions where planting is done very densely, because as the planting distances decrease, the number of branches on the branching plants decreases rapidly.

The crude oil percentages and fatty acid compositions of the single-stemmed, stemmed/single-headed pruned plants and the unpruned control plants are presented in Table 3.

While the effect of sowing density on oil percentage was not statistically significant, the effect of pruning time was significant ($p < 0.01$). The seeds of single-stemmed/single-headed pruned safflower plants contained less crude oil than the seeds of unpruned plants. In addition, as the pruning time was delayed, the crude oil percentage in the seeds increased from 25.4% to 28.3% (Table 3). Photosynthetic assimilates produced by leaves attached to the main stem are transferred to the seeds on the main head, making them bigger and heavier, whereas in single-headed pruned plants, the hull ratio increases. Due to the significant and negative relationships between hull ratio and oil percentage (Knowles, 1967, Ebert and Knowles, 1968; Urie and Zimmer, 1970; Ranga Rao et al., 1977; Urie, 1986), and between 1000 seed weight and oil percentage (Eslam et al., 2010; Erbaş, 2012; Eryiğit et al., 2015; Demir, 2021), the oil percentage decreased as the hull ratio and 1000 seed weight increased. The sowing density did not have a significant effect on the crude oil percentage. Similarly, Nasr et al. (1978), reported that the seed oil content of safflower is not affected by sowing density.

According to the results of the GC/FID analysis, approximately 10% of safflower (cv. Olas) oil is saturated fatty acids like palmitic (C16:0) and stearic (C18:0), and 90% is unsaturated fatty acids like oleic (C18:1) and linoleic (C18:2). Different pruning times and planting density had no significant effect on the fatty acid composition (Table 3). It has been found that single-stemmed/single-headed pruned plants contain lower oleic acid and higher linoleic acid than unpruned branching plants. Baydar et al. (2022), reported that single-stemmed/single-headed safflower mutants have a similar fatty acid composition to the Olas variety from which they originate, containing 6.3% palmitic acid, 1.5% stearic acid, 77.0% oleic acid and 15.2% linoleic acid. There is a significant and negative relationship between oleic and linoleic acids, since fatty acids are synthesized by elongase and desaturase enzymes under the control of FAD1//FAD2 genes, following a pathway as Palmitic → Stearic → Oleic → Linoleic → Linolenic (Baydar, 2021).

4. Conclusion

Pruning is an agricultural process used primarily in fruit and vegetable species, as well as some perennial and shrub forms of medicinal and aromatic plants, to create a balance between vegetative and productive organs, give them shape, provide light and air distribution, and, finally, to improve performance and quality by physically interfering with the plant's growth and development. The goal of this study was to develop a more homogenous, early, more resistant to lodging, and more suited mechanization in crowded planting situations by designing a big single head on a strong main stem in the safflower plant.

Even though the number of seeds per head and 1000 seed weight of single-stemmed/single-headed plants were higher, the seed yield and harvest indexes remained low as they did not have as many heads as the branched plants. It has been predicted that the plants with a single stemmed/single headed can compete with classically branching plants, but only in conditions where planting is done very densely. However, even at the highest plant density of 15 x 10 cm, an average of 1.6 times lower yield was obtained compared to unpruned branching plants. In addition, the seeds of single-stemmed/single-headed

Table 3. Crude oil content and fatty acid composition (%) at different pruning times and different planting densities

Applications	Oil Percentage (%)	Palmitic (C16:0)	Stearic (C:180)	Oleic (C18:1)	Linoleic (C18:2)
Pruning 1 (BB)	25.4 d*	5.46	1.72	75.78	17.16
Pruning 2 (EB)	26.9 c	6.22	2.71	74.58	16.49
Pruning 3 (BF)	28.3 b	6.00	1.72	74.37	17.92
Density 1 (15 cm)	27.5 c	6.12	1.77	73.50	18.70
Density 2 (30 cm)	27.4 c	6.79	1.73	75.48	16.00
Density 3 (45 cm)	27.8 c	6.02	1.71	74.60	17.67
Control (C)	29.7 a	5.56	1.86	77.71	14.86

*There is no statistical difference between the averages shown with the same character(s).

safflower plants contained an average of 2.8% less oil than the seeds of unpruned (control) plants, lower oleic acid and higher linoleic acid compared to unpruned branching plants.

It is reported that the plants forming a single head should produce 400-500 seeds in the main head in order to compete with the multi-headed classic safflower plants. However, the average number of seeds in the main head is 35-45 in plants where we left a single main stem by pruning. Our research findings have shown that single-stemmed/single-headed safflower plants that will be grown in dense planting conditions where the number of plants per unit area will be at least 10 times higher compared to the standard planting density, will be able to compete with standard branching varieties. But pruning plants and forming single-stemmed/single-headed plants in large areas where commercial safflower cultivation is carried out is not economical and practical. As a result, substantial studies are required to choose productive types with high fertility among the mutant plants that occur naturally in safflower populations and produce one giant head on a strong short main stem, as in oil sunflower varieties, and cultivate them under dense growing conditions. The research findings we obtained from the single-stemmed/single-headed pruned safflower plants were found to be very important in terms of providing data that can be a role model for the genetically unbranched plants.

Acknowledgements

This research article was produced from the master's thesis submitted by Firooz Ahmad NIKZAD at Isparta University of Applied Sciences Graduate Education Institute, Department of Field Crops

Author Contributions

The authors contributed equally to the article.

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

Abel, G. H. (1976). Effects of irrigation regimes, planting dates, nitrogen levels, and row Spacing on safflower cultivars. *Agronomy Journal*, 68(3), 448-451.

- Açıkgöz, N., Ilker, E., & Gökçol, A. (2004). *Assessment of biological research on the computer* (2nd ed.). EU TOTEM, Izmir.
- AL-Doori, S. A. M. (2013). Performance of some safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) according to varying row spacing and nitrogen fertilizer levels. *Journal Tikrit Universit for Agricultural Sciences*, 13(3), 15-19.
- Arslan, B., Çakır, H., & Culpan, E. (2019). Yeni geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bazı özellikleri bakımından karşılaştırılması. 2. *Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi, Uygulamalı Bilimler*, 113-121.
- Ashri, A., Zimmer, D. E., Urie, A. L., Cahaner, A., & Marani, A. (1974). Evaluation of the world collection of safflower, *Carthamus tinctorius* L. IV. Yield and yield components and their relationships. *Crop Science*, 14(6), 799-802.
- Baydar, H. (2021). *Bitki Genetiği ve Islahı*. (2. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2007). Türkiye'de yemeklik yağ ve biyodizel üretimine uygun aspir ıslahı. *Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28(31), 378-386.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2014). *Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 97*, Isparta
- 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(2), 155-161.
- Baydar, H., & Turgut, İ. (1999). Yağlı tohumlu bitkilerde yağ asitleri kompozisyonunun bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklere ve ekolojik bölgelere göre değişimi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(1), 81-86.
- Baydar, H., Erbaş, S., & Nikzad, F. A. (2022). Spontan mutasyonlar ile ortaya çıkan dallanmayan tek tablalı aspir mutantlarının karakteristik özellikleri ve ıslah potansiyeli. *International Field Crops Congress*, September 29 - October 2, 2022, Rize, Turkey.
- Bellé, R., Rocha, E., Backes, F., Neuhaus, M., & Schwab, N. (2012). Safflower grown in different sowing dates and plant densities. *Ciência Rural*, 42, 2145-2152.
- Çalışkan, R., & Yüksel, O. (2022). Farklı ekim sıklığı ve hasat dönemlerinin aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'de kuru madde verimi ile bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(1), 147-154.
- Çalışkan, S., & Çalışkan, M. E. (2018). Row and plant spacing effects on the yield and yield components of safflower in a mediterranean-type environment. *Turkish Journal of Field Crops*, 23(2), 85-92.
- Claassen, C.E. (1952). Inheritance of sterility, flower color, spinelessness, attached pappus and rust resistance in safflower, *Carthamus tinctorius*. *Historical Research Bulletins of the Nebraska Agricultural Experiment Station* (1913-1993), 133.

- Demir, İ. (2021). Relationship between photosynthetic pigments and seed yield components in soybean cultivars in a semi-arid region. *Pakistan Journal of Botany*, 53(3), 859-863.
- Deokar, A. B., Patil, F. B., & Patil, G. D. (1978). Inheritance of monocapitulum character in safflower. *Journal of Maharashtra Agricultural University*, 3(3), 257-258.
- Deshpande, R. B. (1940). A sterile mutant in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Current Science*, 9, 370-71.
- Ebert, W., & Knowles, P. F. (1968). Developmental and anatomical characteristics of thin-hull mutants of *Carthamus tinctorius* L. *American Journal of Botany*, 63, 771-782.
- Ehsanzadeh, P., & Baghdad-Abadi, A. Z. (2003). Yield, yield components and growth characteristics of two safflower genotypes under varying plant densities. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, 7(1), 129-140.
- Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C., & Claupein, W. (2009). Optimization of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. *Field Crops Research*, 114(1), 2-13.
- Erbaş, S. (2012). *Mezleleme ıslahı ile tohum verimi, yağ ve oleik asit içeriği yüksek aspir (Carthamus tinctorius L.) hatlarının geliştirilmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, Türkiye.
- Eryiğit, T., Akış, R., & Kaya, A. R. (2015). Screening of different nitrogen rates and intra-row spacing effects on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under microclimate conditions, Iğdır Plain, Turkey. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(1), 141-147.
- Eslam, B. P., Monirifar, H., & Ghassemi, M. T. (2010). Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(5), 373-380.
- Fick, G. N., Caroline, J. J., Auwarter, G. E., & Duhigg, P. M. (1985). Agronomic characteristics and field performance of dwarf sunflower hybrids. *11th International Sunflower Conference, Mar del Plata, Argentina*, 739-742.
- Golkar, P., Arzani, A., & Rezaei, A. M. (2011). Determining relationships among seed yield, yield components and morpho-phenological traits using multivariate analyses in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Annals of Biological Research*, 2(3), 162-169.
- Gürsoy, M., Başalma, D., & Nofouzi, F. (2018). Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğelerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(1), 20-28.
- Hamza, M. (2015). Influence of different plant densities on crop yield of six safflower genotypes under Egyptian newly reclaimed soils conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(2), 168.
- Heiser, C. B. (1955). The origin and development of the cultivated sunflower. *The American Biology Teacher*, 17(5), 161-167.
- Hoag, B. K., Zubriski, J. C., & Geiszler, G. N. (1968). Effect of fertilizer treatment and row spacing on yield, quality and physiological response of safflower. *Agronomy Journal*, 60(2), 198-200.
- Jaffar, R. A. A., & Al-Refai, S. I. (2021). Response of safflower to (NPK) fertilizer combinations and plants distribution. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 1-5.
- Johnson, R. C., Bergman, J. W., & Flynn, C. R. (1999). Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions from the USDA collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 611-618.
- Karve, A. D., Nagvekar, D. V., & Nimbkar, N. B. (1976). Seed-set on self-pollination in safflower. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 36, 108-110.
- Knowles, P. F. (1980). Safflower. *Hybridization of Crop Plants* (pp. 535-548).
- Knowles, P. F. (1967). *Modification of quantity and quality of safflower oil through plant breeding*. AOCs Meeting, Chicago.
- Knowles, P. F. (1982). Safflower Genetics and Breeding, in: *Improvement of Oilseed and Industrial Crops by Induced Mutations*. International Atomic Energy Agency. 91-101.
- Köse, A., & Bilir, Ö. (2017). Aspir bitkisinde (*Carthamus tinctorius* L.) farklı sıra arası mesafelerin ve ekim normunun taç yaprak verimi ve bazı bitkisel özellikler üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1), 40-47.
- Ma, D. W., Wierzbicki, A. A., Field, C. J., & Clandinin, M. T. (1999). Preparation of conjugated linoleic acid from safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(6), 729-730.
- Mohamadzadeh, M., Siadat, S. A., Norof, M. S., & Naseri, R. (2011). The effects of planting date and row spacing on yield, yield components and associated traits in winter safflower under rain fed conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 10(2), 200-206.
- Nasr, H. G., Katkhuda, N., & Tannir, L. (1978). Effects of N fertilization and population rate-spacing on safflower yield and other characteristics. *Agronomy Journal*, 70(4), 683-685.
- Noroozi, M., & Kazemini, S. A. R. (2013). Effect of water stress and plant density on growth and seed yield of safflower. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(4), 781-788.
- Omidi, A. H., & Sharifmogadasi, M. R. (2010). Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different sowing dates and plant densities. *World Applied Science Journal*, 8(8), 953-958.
- Omidi, A. H., Jabbari, H., & Ramezani, Z. (2021). Effects of row-spacing and plant density on seed yield and yield components of safflower cultivars under irrigated conditions. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 10(1), 23-32.
- Patel, P. K., Vaishnani, N. L., & Patel, B. R. (1976). Nipping of branches increases yield in castor. *Indian farming*. 26(3), 35.

- Polat, T. (2007). Farklı sıra aralıkları ve azot seviyelerinin kuru şartlarda yetiştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, Türkiye.
- Ranga Rao, V., Ramachandram, M., & Arunachalam, V. (1977). An analysis of association of components of yield and oil in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 50, 185-191.
- Sampaio, M. C., Santos, R. F., Bassegio, D., de Vasconcelos, E. S., da Silveira, L., Lenz, N. B. G., & Tokuro, L. K. (2017). Effect of plant density on oil yield of safflower. *African Journal of Agricultural Research*, 12(25), 2147-2152.
- Sharifmoghaddasi, M., & Omid, A. H. (2009). Determination of optimum row-spacing and plant density in Goldasht safflower variety. *Advances in Environmental Biology*, 3(3), 233-238.
- Sheelavantar, M. N., Krishnamurthy, K., Nalini, A. S., & Shetty, A. N. (1974). New monocalpitulum non-branching safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Science and culture*, 40(2): 73-75
- Shinwari, Z. K., Rehman, H., & Rabbani, M. A. (2014). Morphological traits based genetic diversity in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 46(4), 1389-1395.
- Singh, V., & Nimbkar, N. (2016). Safflower. In *Breeding Oilseed Crops For Sustainable Production* (pp. 149-167). Academic Press.
- Skoric, D., Jovic, S., Hladni, N., & Vannozzi, G.P. (2007). An analysis of heterotic potential for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 30(46), 55-74.
- Smith, J. R. (1996). *Safflower*. AOCs Publishing, New York.
- Tang, S., Leon, A., Bridges, W. C., & Knapp, S. J. (2006). Quantitative trait loci for genetically correlated seed traits are tightly linked to branching and pericarp pigment loci in sunflower. *Crop Science*, 46(2), 721-734.
- Urie, A. L. (1986). Inheritance of Partial Hull in Safflower. *Crop Science*, 26(3), 493-498.
- Urie, A. L., & Zimmer, D. E. (1970). Registration of reduced-hull safflower lines, reduced-hull-1,-2,-3 and-4.(Reg. Nos. GP 6 to GP 9). *Crop Science*, 10, 732.
- Uslu, N., Akin, A., & Halitligil, M. B. (1998). Cultivar, weed and row spacing effects on some agronomic characters of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in spring planting. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(6), 533-536.
- Vear, F. (2016). Changes in sunflower breeding over the last fifty years. *OCL*, 23(2), 202.
- Weiss, E. A. (2000). Safflower. In *Oilseed Crops* (p. 129). Blackwell Science, London.
- Yau, S. K. (2009). Seed rate effects on rainfed and irrigated safflower yield in Eastern Mediterranean. *The Open Agriculture Journal*, 3(1), 32-36.
- Zarei, G., Shamsi, H., & Fazeli, F. (2011). Effect of planting density on yield and yield components of safflower cultivars in spring planting. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 5(12), 929-931.

Basınçlı Sulama Sistemlerinin COPAM Yazılımı ile Performans Analizi: Burdur Çavdır-Küçükalan Örneği

Can ÖZKAYA¹, Yusuf UÇAR²

Özet: Bu çalışmada, Burdur Çavdır Küçükalan basınçlı sulama sisteminin performans analizini yapmak için COPAM (Sınıflandırılmış Karakteristik Eğriler Modeli) bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım yardımıyla debi – su kaynağı kotu, bağıl basınç açısından yetersiz hidrantların tespiti, hidrant güvenilirliği, farklı kaynak yüksekliklerinde hidrantların yeterliliği, mevcut koşullarda boru çaplarının yeniden belirlenmesi, hesaplanan boru çaplarına göre sulama sisteminin eski ve yeni maliyetinin karşılaştırılması gibi analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda, sulama sisteminin mevcut koşullarda %90'lık bir verim ile çalışabileceği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, sistemde bulunan 42 adet hidrantın 2'sinde hem bağıl basınç açısından yetersizlik olduğu hem de güvenilirlik değerlerinin -0- olduğu saptanmıştır. Mevcut koşullarda boru çapları açısından yapılan değerlendirmede ise 26 boru hattında (6 815.50 m) daha küçük çaplı borular kullanılması gerekirken 2 hatta (491.40 m) ise daha büyük çaplı boruların kullanılması gerektiği saptanmıştır. COPAM yazılımıyla hesaplanan boru çaplarının kullanılması durumunda, bağıl basınç eksikliği olan hidrant sayısı 1'e düşmüştür. Yapılan maliyet analizinde ise COPAM yazılımı ile belirlenen boru çaplarının kullanılması durumunda proje maliyetinden 57 262.49 \$ tasarruf edilebileceği saptanmıştır. Sonuç olarak, basınçlı sulama sistemlerinin performans analizinde COPAM programının kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır. COPAM veya benzeri programların kullanılması durumunda, projelerin yatırım maliyetlerini düşürerek verimliliklerini yükseltmek mümkün olacaktır. Bu nedenle COPAM veya benzeri programların basınçlı sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla ilgili kurumlar tarafından kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Burdur, Güvenilirlik, Hidrant analizi, Sulama sistemi maliyet analizi, Sulama sistem performansı

Performance Analysis of Pressurized Irrigation Systems with COPAM Software: A Case of Burdur-Çavdır-Küçükalan

Abstract: In this study, COPAM (Classified Characteristic Curves Model) computer software was used to analyze the performance of the Burdur Çavdır Küçükalan pressurized irrigation system. With the help of COPAM, analyses such as flow rate – water source elevation, detection of hydrants insufficient in terms of relative pressure, hydrant dependability, the sufficiency of hydrants at different water source elevations, re-calculation of pipe diameters in current conditions, comparison of old and new cost of the irrigation system according to calculated pipe diameters were made. At the end of the study, it was determined that the irrigation system could work with an efficiency of 90 % under current conditions. In the study, it was also determined that 2 of the 42 hydrants in the system were insufficient in terms of relative pressure and their reliability values were -0-. In the evaluation made in terms of pipe diameters under current conditions, it was determined that while smaller diameter pipes should be used in 26 pipelines (6 818.50 m), larger diameter pipes should be used in 2 pipelines (491.40 m). In the case of using pipe diameters calculated with COPAM, hydrants numbers with relative pressure deficiency decreased to 1. In the cost analysis, it was determined that if the pipe diameters determined by the COPAM are used, 57 262.49 \$ can be saved from the project cost. As a result, it has been concluded that the COPAM can be used in the performance analysis of pressurized irrigation systems. If COPAM or similar programs are used, it will be possible to increase the efficiency of the projects by reducing their investment costs. For this reason, it is thought that COPAM or similar programs should be used by relevant institutions for the evaluation of pressurized irrigation systems.

Keywords: Burdur, Dependability, Hydrant analysis, Irrigation system cost analysis, Irrigation system performance

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
canozkaya15@gmail.com

Alınış (Received): 23/03/2023
Kabul (Accepted): 18/05/2023

¹Burdur İl Özel İdaresi, Burdur, Türkiye
²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve
Sulama Bölümü, Isparta, Türkiye

1. Giriş

Sulu tarımda en çok karşılaşılan sorunlardan biri, kaynaktan alınan birim suya karşılık elde edilen verimin yeterince artırılamamasıdır. Bu sorunun çözümüne katkı sağlayacak, su kullanım etkinliği yüksek bitkilerin kullanılması, yetiştiricilik tekniklerinin geliştirilmesi ve yüksek teknolojiye sahip sulama sistemlerinin kullanılması gibi birçok bileşen olmasına karşın; asıl çözüm sulama şebekelerindeki kayıp ve kaçakların önlenmesi ve suyun uygulanması esnasında oluşan kayıpların azaltılmasıdır. Bu ancak suyun daha iyi kontrol edilebildiği toplu basınçlı sulama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılmasıyla mümkündür. Basınçlı sulama sistemleri sağladıkları su tasarrufu sayesinde daha fazla alanın sulanabilmesi, topografyaya kolayca uyum sağlamaları, suyun kolayca ölçülebilmesi sayesinde hacim bazlı fiyatlandırmada kolaylık sağlamaları ve bunun sonucunda da üreticilerin daha az su ücreti ödemeleri nedeniyle net gelirlerinde artış sağlamaları, işletme, bakım ve yönetim işlemlerinin daha teknik fakat daha kolay olması gibi birçok avantajları bulunmaktadır (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000).

Açık kanal sulama sistemlerinin işletilmesi dört farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlar; a) Serbest istek yöntemi, b) Koşullu istek yöntemi, c) Rotasyon yöntemi ve d) Birim alan birim su yöntemidir (Labye vd., 1988; Kara, 2005). Serbest istek yönteminde sulama sisteminin bütün birimlerinde sürekli su bulundurulur ve çiftçi istediği zaman suyu kullanabilir. Koşullu istek yönteminde de sulama sisteminin tüm birimlerinde su bulundurulmasına karşın çiftçi prizleri arasında nöbetleşme yapılır. Bu yönüyle aşırı su kullanımının önüne geçilmeye çalışılır. Rotasyon yöntemi bu iki yöntemden oldukça farklıdır. Bu yöntemde sulama alanının her birisi belirli sayıda sekonder ve tersiyer kanalı kapsayacak şekilde birimlere ayrılır ve ana kanaldaki suyun tamamı belirli bir süreliğine bir birime verildiği ve birimler arasında nöbetleşmenin yapıldığı su dağıtım sistemidir (Kara, 2005). İstek yöntemi sulama sahasında sürekli su olmasını esas alan bir işletim yöntemidir. Sulama yapmak isteyen su kullanıcısı istediği zaman, kapalı sulama sisteminde hidrantlarda, açık sulama sisteminde su alma prizinde suyun hazır bulundurulduğu bir işletme şeklidir. Su kullanıcıları bu yöntem ile işletilen sistemlerde çok büyük rahatlığa sahiptir ve istedikleri anda parsellerini sulama imkanları vardır (Kara, 2005; Akyol, 2012). Bunun yanında, sistem kapasitesinin yüksek olması ve su kullanıcılarını fazla su kullanımına teşvik etmesi gibi olumsuzlukları da söz konusudur (Kara, 2005). Serbest istek sistemi toplu basınçlı sulama sistemlerinin projelendirilmesinde en çok tercih edilen yöntemdir. Toplu basınçlı sulama sistemlerinde serbest istek sisteminde yukarıda belirtilen faydaların sağlanabilmesi için, hidrantlarda, debi sınırlandırıcı, su sayacı, basınç kontrol ve çıkış vanaları yer almalı ve sistemin pik dönemde talep edilen debiyi

minimum basınçla sürekli olarak iletebilmesi gerekir (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000).

Toplu basınçlı sulama sistemlerinde hidrant planlamasında karşılaşılan en önemli zorluklarından birisi hidrant kapasitesinin hesaplanmasıdır. Bunun nedeni çiftçi davranışlarındaki değişkenliktir. Sistemin her noktasında su bulunması nedeniyle hangi çiftçilerin hangi hidranttardan ne zaman su alacağı kestirilememektedir. Bu nedenle aynı anda çalışacak hidrant sayısı ancak bazı formüllerle tahmin edilebilmektedir. Bu sebeple, sulama sistemin herhangi bir yerinde bulunan hidrant, diğer hidrantların pozisyonuna ve anlık debilerine bağlı olarak minimum basınçla ihtiyaç olan debiyi sağlayabilmelidir. Ayrıca, sulama sisteminin işletilmesi esnasında yıllar içerisinde değişen piyasa koşulları, gelişen teknoloji ve çiftçi tercihlerine bağlı olarak bitki deseniindeki değişimler de hidranttardan alınacak su miktarında dolayısıyla hidrant kapasitesinde değişikliğe yol açacak bir durumdur (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000). İstek yöntemi ile işletilen sulama sistemlerinde herhangi bir hidranttardan ne kadar süreyle su alınacağı ve sulamanın ne zaman yapılacağı kestirilememesi ve tüm hidrantların aynı dönemde kullanılabilme ihtimali olduğundan basınçlı sulama sistemlerinde performans analizi yapmak diğer sulama sistemlerine göre daha fazla önem taşımaktadır. Serbest istek sistemlerinde performans analizi yapmak ve akış modellerinin geliştirilmesi için kullanılan yöntemlerden biri de birinci ve ikinci Clément (1966) formülleridir (Lamaddalena, 1997).

Serbest istek yöntemi ile işletilen sulama sistemlerinin performans analizini yapmak için ICARE (CTGREF, 1979; Bethery, 1990), COPAM (Lamaddalena, 1997), AKLA (Lamaddalena, 1997; Lamaddalena ve Sagardoy, 2000), EPANET (Rossman, 2000), GESTAR (Estrada vd., 2009), DESIDS (Fouial vd., 2016) ve NIREUS (Stefopoulou ve Dercas, 2017) gibi bilgisayar yazılımları bulunmaktadır. Bu yazılımların her biri kendine özgü modelleme ilkelerine dayanmaktadır. Bu yazılımlardan COPAM (Sınıflandırılmış Karakteristik Eğriler Modeli) FAO tarafından ücretsiz olarak kullanıma açılmış bir programdır. Yazılım aracılığı ile, hidrant bazında performans analizi yapılabilen, sistemde kullanılan boru çapları, debileri ve sistemin ekonomikliğine ilişkin değerlendirmelerde bulunulabilmektedir. Ülkemizde COPAM yazılımı kullanılarak basınçlı sulama sistemlerinin değerlendirilmesiyle ilgili ilk çalışmalardan biri Kurtulmuş vd. (2018) tarafından Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi sulama sisteminin analiziyle ilgili çalışmadır. Araştırmacılar, sulama şebekesine ait sistem güvenilirliğini, kaynak yüksekliğini, debiyi, boru çaplarını ve hidrant basınç yüklerini COPAM ile analiz etmişler ve sulama sisteminde hidrant düzeyinde herhangi bir performans eksikliğine rastlanılmadığını, alternatif senaryolarla belirlenen yeni boru çaplarının mevcut boru çaplarından daha küçük

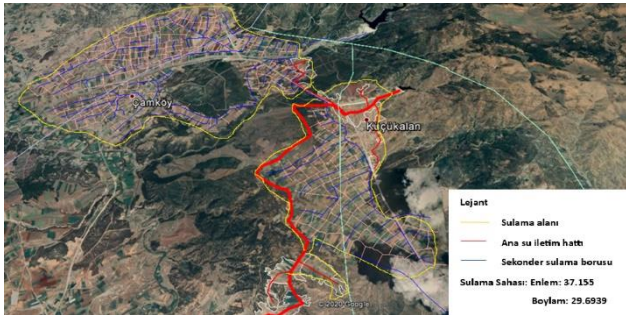
olmasına karşın, sulama sistem performansında büyük bir farklılığın olmadığını saptamışlardır.

Bu çalışmada, basınçlı sulama sistemlerinin sistem performansını ortaya koymak ve optimum projelendirme olanaklarını saptamak amacıyla Lamaddalena ve Sagardoy (2000) tarafından geliştirilen COPAM yazılımı, istek yöntemiyle işletilen Burdur Çavdır Küçükalan Göleti Basınçlı Sulama Tesisine uygulanmıştır. Araştırma sonucunda sulama sisteminin; hidrantlarda bulunan basınç yükü, sistemin debisi ve sistemde kullanılan boru çapları açısından tespit ve yorumlamalar yapılarak sistemin hidrolik ve ekonomik açıdan performansı değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanının tanıtılması

Çalışmada, Burdur ili Çavdır ilçesinde bulunan Küçükalan Göleti Basınçlı Sulama Şebekesi materyal olarak kullanılmıştır. Küçükalan Göleti Basınçlı Sulama Sistemi, Burdur il merkezine 105 km, Çavdır ilçesine ise 15 km uzaklıktadır. Denizden yüksekliği 1150-1080 m arasında olan çalışma alanı, geçiş bölgesinde olması nedeniyle iklimi oldukça değişkenlik göstermektedir. Genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Burdur meteoroloji istasyonuna ait verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 13.2 °C iken, maksimum sıcaklık ortalaması 19.4 °C, minimum sıcaklık ortalaması 7.5 °C, uzun yıllar yıllık yağış ortalaması ise 428.1 mm'dir (Anonim, 2020). Devlet Su İşleri tarafından 2020 yılında sulamaya açılan araştırma sahasının tarım arazileri, Hıdırlar Tepesi ve Maden Tepesi eteklerinde yer alan ve eğimi %2-10 arasında değişen yamaç arazilerden meydana gelmektedir (Şekil 1) (DSİ, 2010).



Şekil 1. Sulama sahasının görünümü

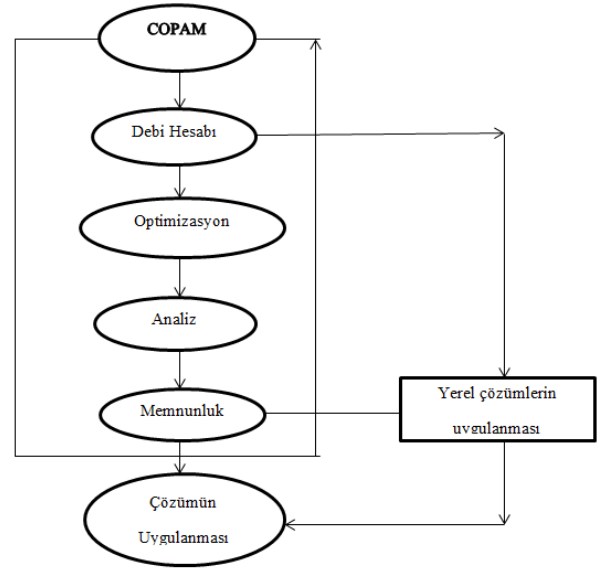
2.2. Sulama sistemine ilişkin bazı özellikler

Küçükalan Basınçlı Sulama Şebekesinde sulanabilir alan 94 ha'dır. Üst toprakların %43.62'si ağır bünye (41 ha), %50'si orta bünye (47 ha) ve %6.38'i hafif bünyelidir (6 ha) (DSİ, 2010). Proje sahasında ortalama infiltrasyon hızı 2.80 cm/h'dir. DSİ tarafından yapılan 2010-2013 yılları arasında yapılan debi ölçüm sonuçlarına göre yıllık akım

ortalaması 1.09 hm³'tür. Sulama sisteminin su kaynağı olan Kırackuyu deresinin su kalitesi, tuzluluk açısından ikinci sınıf sodyum açısından ise birinci sınıf (C2S1) olup sulama için uygundur. Sulama sisteminde çapları 110-450 mm arasında değişen toplam 16 433.60 m uzunluğunda boru hattı ve suyun dağıtımında kullanılan 42 adet hidrant bulunmaktadır.

2.3. Yöntem

Sulama sisteminin analizinde teorik temelleri Lamaddalena (1997) tarafından geliştirilen ve yazılımı Lamaddalena ve Sagardoy (2000) tarafından yapılan COPAM programı kullanılmıştır. COPAM ile, hidrant bazında performans analizi yapılabilmenin yanında sistemde kullanılan boru çapları, debileri ve sistemin ekonomikliğine ilişkin değerlendirmeler de yapılabilmektedir. Yazılım ile ayrıca hem tasarım halindeki bir projede hem de mevcut işletme halindeki bir sulama sistemi için analiz/değerlendirme yapılabilmektedir. Programın akış diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. COPAM programı akış diyagramı (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000)

Sulama sistemine ilişkin analizin yapılabilmesi için öncelikle her bir boru bölümüne ait başlangıç bitiş numaraları, alan, debi, boru uzunluğu, deniz seviyesinden yükseklik ve boru çapı bilgileri programa girilmiştir. İstek yöntemi kullanılarak işletilen sulama sistemlerinde en önemli problem sistem debisinin hesaplanmasıdır. Sistem debisi, bitki deseni, meteorolojik veriler, sulama randımanı ve çiftçi isteklerine göre değişkenlik gösterir. Debi hesabı için birçok formülasyon bulunmakta olup bu çalışmada kullanılan COPAM yazılımında debi hesabı için; Clément modeli debi hesabı ve rastgele debi hesabı yapan model (random generation) kullanılmıştır.

Sistemin hidrolik açıdan analizinin yapılabilmesi amacıyla 100 ve 280 l/s arasında değişen sistem debilerine göre eş zamanlı olarak çalışan 1000 rastgele hidrant konfigürasyonu belirlenmiştir. Konfigürasyon sayısının fazla olması istek eğrilerinin doğruluğunu artırmaktadır. Analiz için gerekli olan verilerden su kaynağının denizden yüksekliği (999 m) ve sistemde bulunan hidrantlarda istenen en düşük basınç (25 m) modele girilmiştir. Ayrıca, sulama sistemindeki tüm hidrantların deniz seviyesinden olan yükseklikleri, başlangıç noktasına olan uzaklıkları ve birbirleri arasındaki uzaklıklar belirlenmiştir. Analiz yapılan borulara ilişkin çaplar ve o çapa ait boru uzunluğu, borunun et kalınlığı ve birim boru maliyeti gibi analizde kullanılan teknik bilgiler, programın ilgili modülüne girilmiştir. Analize esas sulama sistemindeki grafiklerin (eğrilerinin) belirlenebilmesi için, sistem üzerinde bulunan tüm hidrantların konumlarına göre borularda oluşan yük kayıpları, program tarafından muhtemel her bir debi değeri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sulama sisteminin tasarımında herhangi bir değişimin gerekli olup olmadığını saptamak amacıyla AKLA Model kullanılmış, programın Graph menüsünde bulunan "Yetersiz Hidrant Analizi" butonu (PUH curves) seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

Alternatif senaryoya göre mevcut ve yeniden hesaplanan boru çaplarına göre sistemde kullanılan boru maliyetindeki değişimi belirlemek için ekonomik bir analiz yapılmıştır. Bu amaçla sulama sisteminin hem mevcut hem de yeniden hesaplanan (COPAM ile) boru çapları ve uzunlukları kullanılmıştır. Boruların birim maliyetleri piyasa araştırmasıyla belirlenmiştir. Değişiklik olan her bir boru bölümünün mevcut ve yeniden hesaplanan boru çapları için birim maliyetler elde edilmiş ve ilgili bölümdaki boru uzunluklarıyla çarpılarak toplam boru maliyeti tahmin edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Sistemin hidrolik açıdan analizi

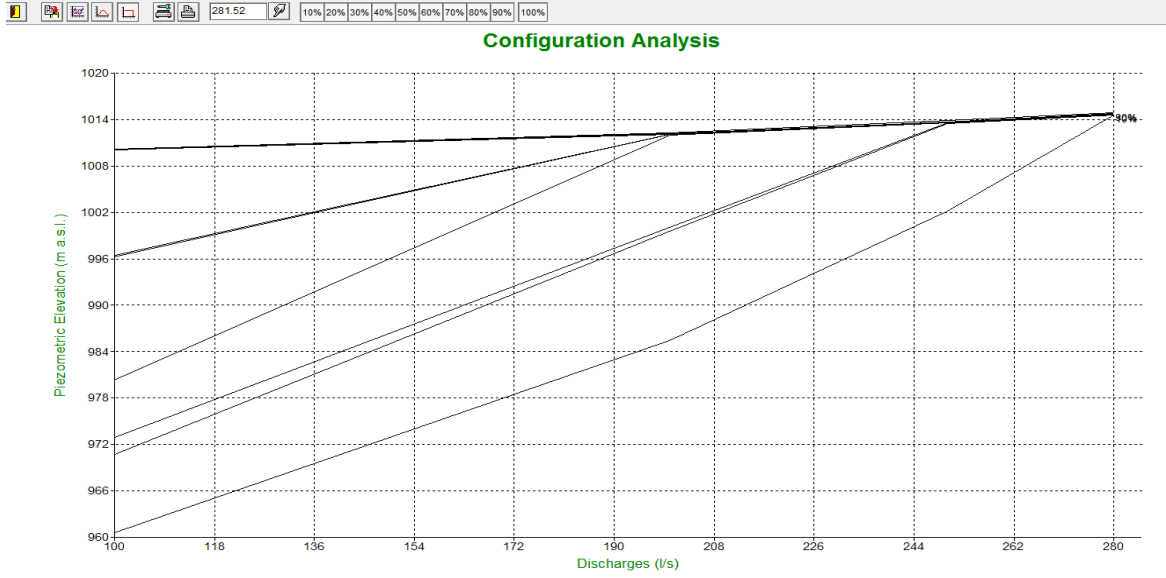
Sulama sistemi, farklı debiler (100, 200, 250, 280 l/s) ve farklı yükseklikler (995, 999, 1000, 1005 m) için oluşturulan konfigürasyonların, yeterlilik açısından oransal olarak ne kadarını karşıladığını belirlemek amacıyla test edilmiştir. Sulama sisteminin konfigürasyon analiz eğrileri Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu eğriler mevcut sistem debisi olan 280 l/s'ye karşılık gelen kaynak yüksekliği 999 m kullanılarak çizdirilmiştir. Sistemdeki verilere göre kesişim noktasının %90'lık karakteristik eğrinin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bu durumda, sistem debisinin oluşturulan konfigürasyonların %90'nını karşılandığını söylemek mümkündür. Yapılan analiz sonucunda elde edilen olasılık eğrileri kaynağın debisine karşılık gelen yetersiz hidrantların oranıyla ilişkilidir. Bu grafik üzerinde oluşan eğriler, sulama sisteminin debisi ile %10'luk bir olasılık değeri göz önüne alındığında tasarım

debisine karşılık yetersiz hidrantların oranını göstermektedir (Şekil 4). Yapılan analiz sonucunda sulama sisteminde yetersiz hidrant tespit edilmiş olup, yetersiz hidrantların olasılık eğrilerinin %10 ve daha altında olduğu görülmektedir. Bu işlemden sonra yetersiz hidrantların hangisi/hangileri olduğunun belirlenebilmesi için analize devam edilmiş ve analiz sonucunda, sistemdeki 3 ve 32 numaralı hidrantların yetersiz basınca maruz kaldığı saptanmıştır (Şekil 5). Hidrant numaralarına karşılık gelen bağıl basınç değerlerinin belirlenmesi için programda Graph menüsünde Hydrants Deficit (envelope curves) seçeneği ile yapılan analizde bağıl basınç değeri sıfırın altında olan 3 ve 32 numaralı hidrantların yetersiz basınca maruz kaldıkları doğrulanmıştır (Şekil 6). Açık sulama sistemlerinde olduğu gibi basınçlı sulama sistemlerinde de güvenilirlik açısından değerlendirme yapılabilmektedir. Sulama sistemlerinde güvenilirlik değeri -0- ila -1- arasında değişkenlik gösteren bir değerdir ve hidrantların güvenilirlik değerinin -1- ve -1-'e yakın olması istenmektedir. Hidrantların güvenilirliğine ilişkin yapılan analizde ise bağıl basınç açısından da yetersiz olan 3 ve 32 numaralı hidrantların güvenilirlik değeri -0- bulunmuş olup dolayısıyla bu hidrantların su dağıtımı açısından güvenilir olmadıkları anlaşılmıştır (Şekil 7). Yeterli işletme basıncı elde edilemeyen bu iki hidrant düşük basınç altında yeterli suyu sağlayamayacaklarından su dağıtımı açısından da güvenilirlikleri düşük düzeyde kalmıştır. Diğer tüm hidrantlar ise -1- değerini aldıkları görülmüştür. Dolayısıyla bu hidrantların su dağıtımı açısından güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

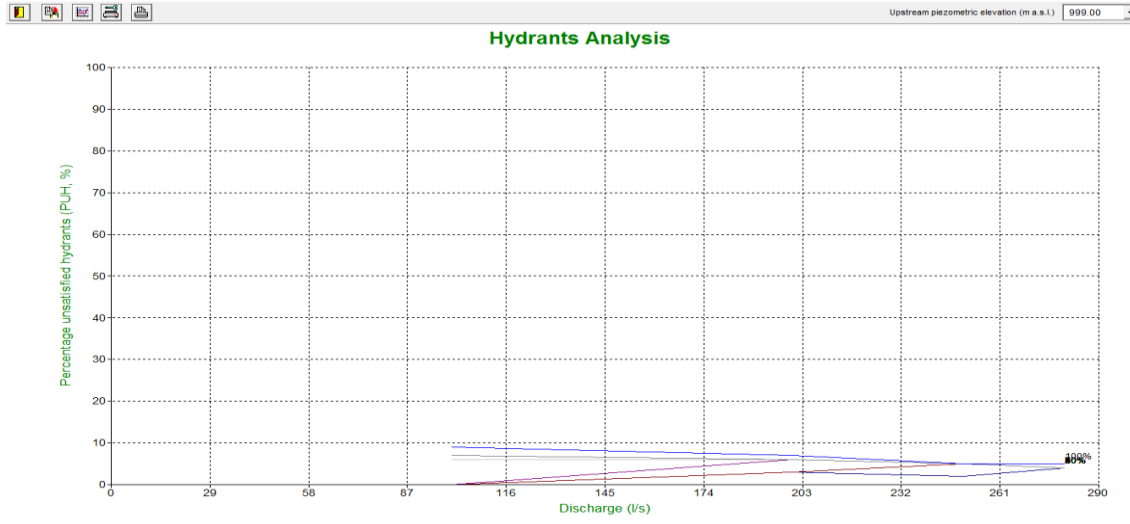
3.2. Alternatif senaryo oluşturulması ve maliyet analizi

Farklı su kaynağı yükseklikleri için sistemin analizini yapabilmek amacıyla öncelikle programa 995 m'den 1005 m'ye kadar farklı su kaynağı kotları girilmiştir. Su kaynağının debisi 280 l/s 1005 m'lik deniz seviyesi yüksekliğinde yetersiz hidrantların oranının %5 dolayında olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Bu durum sistemde basınç artışının yetersiz hidrantların oranına etkisinin çok fazla olmayacağını göstermektedir. Alternatif senaryo için program tarafından seçilen yeni boru çaplarına göre yapılan hidrant analizi sonuçları ise Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmiştir. Yeni boru çaplarına göre yapılan analizde şebekede bağıl basınç değerleri -0-a düşen 1 adet hidrant (32 numaralı hidrant) tespit edilmiştir. Mevcut durumda bağıl basınç açısından yetersiz olan 32 numaralı hidrantın bağılı olduğu boru çapı artmasına rağmen yeni durumda da güvenilirlik açısından -1-'in altında olduğu görülmektedir. Diğer hidrantların hem bağıl basınç değeri açısından iyi durumda oldukları hem de su dağıtımı açısından güvenilirliklerinin iyi durumda oldukları belirlenmiştir.

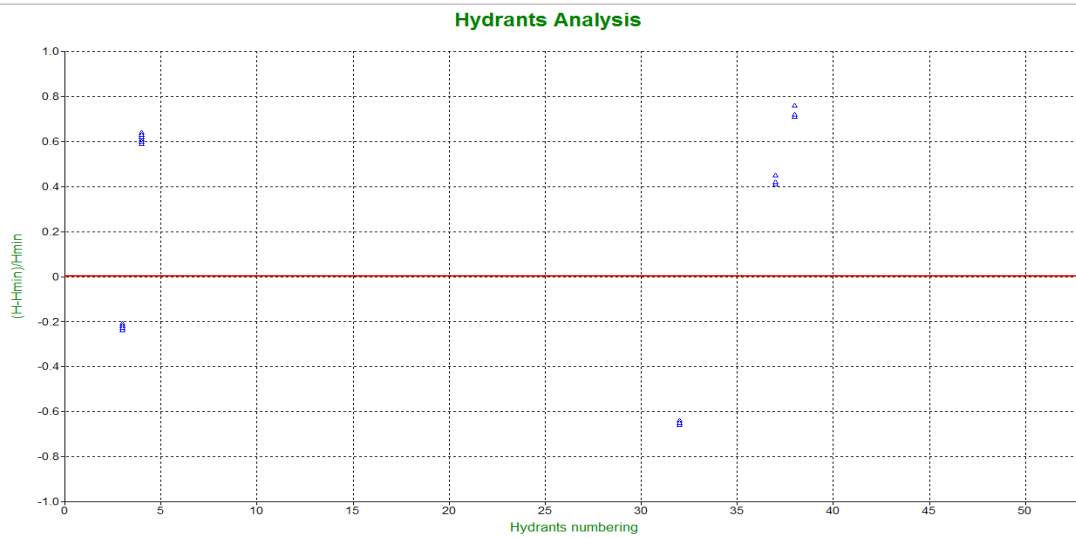
Sahada uygulaması yapılmış olan projedeki boru çapları ile mevcut koşullar (Kaynak debisi, Su kaynağının kotu, Boru hatlarının güzergahları) dikkate alınarak programa hesaplatılan boru çapları Tablo 1'de gösterilmiştir.



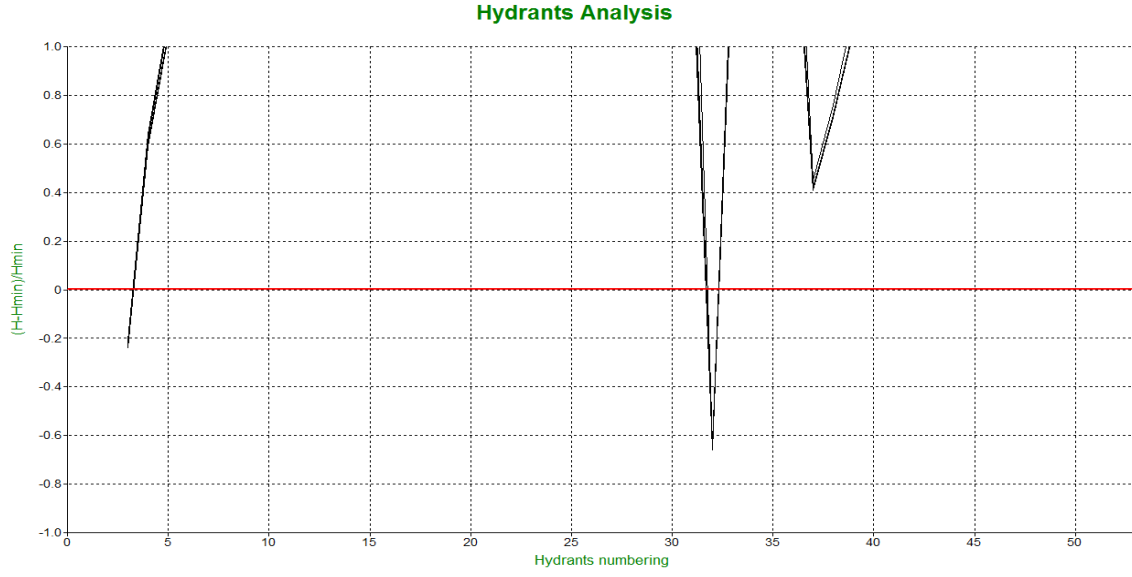
Şekil 3. Sulama sistemindeki yetersiz hidrantların yüzde olarak gösteren eğri



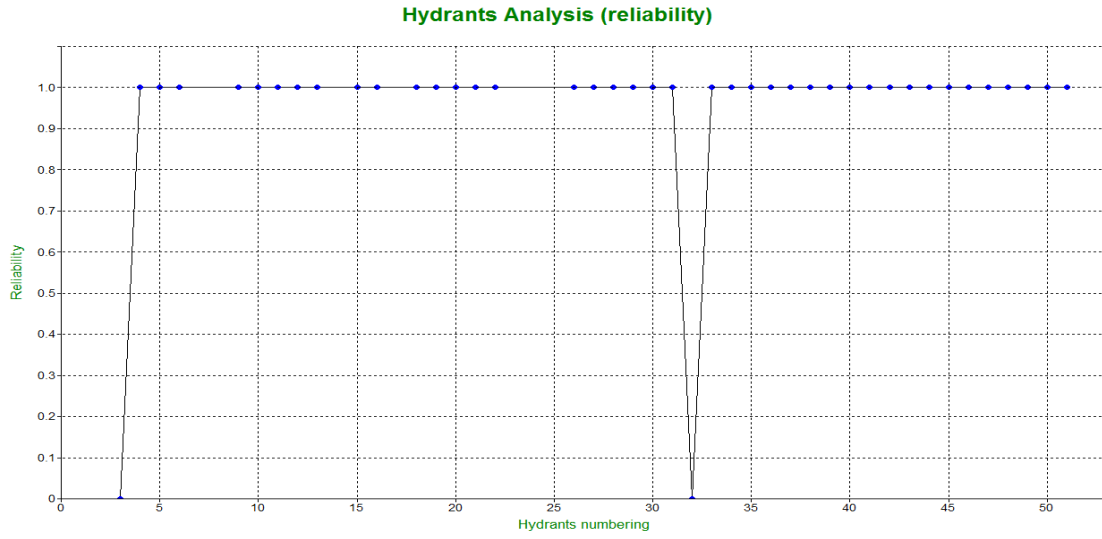
Şekil 4. Hidrantlarda bağlı basınç eksiklik analizi



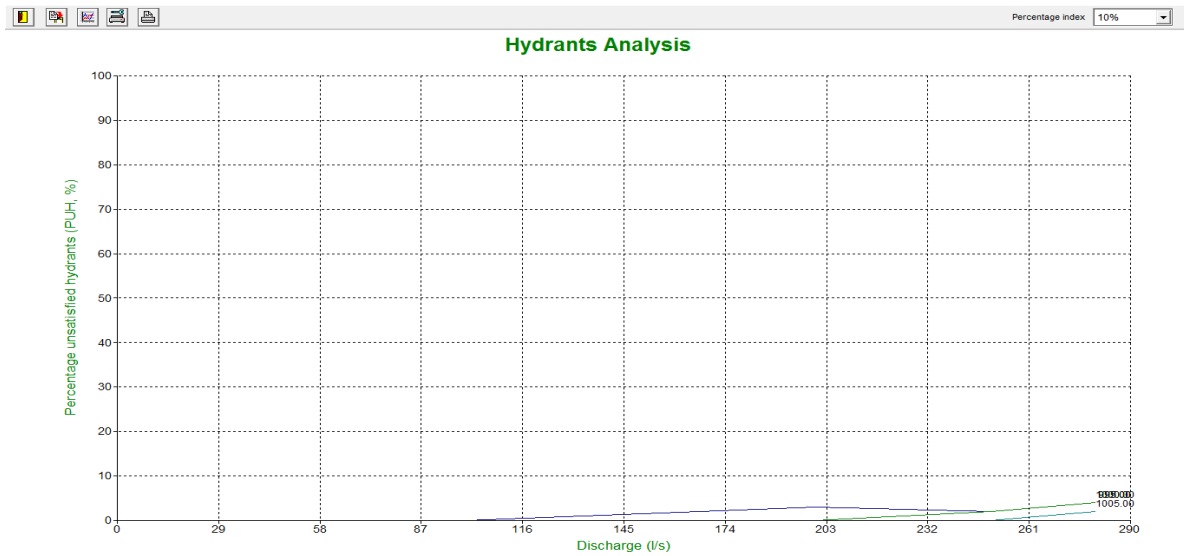
Şekil 5. Hidrantlardaki bağlı basınç eksiklikleri eğrileri



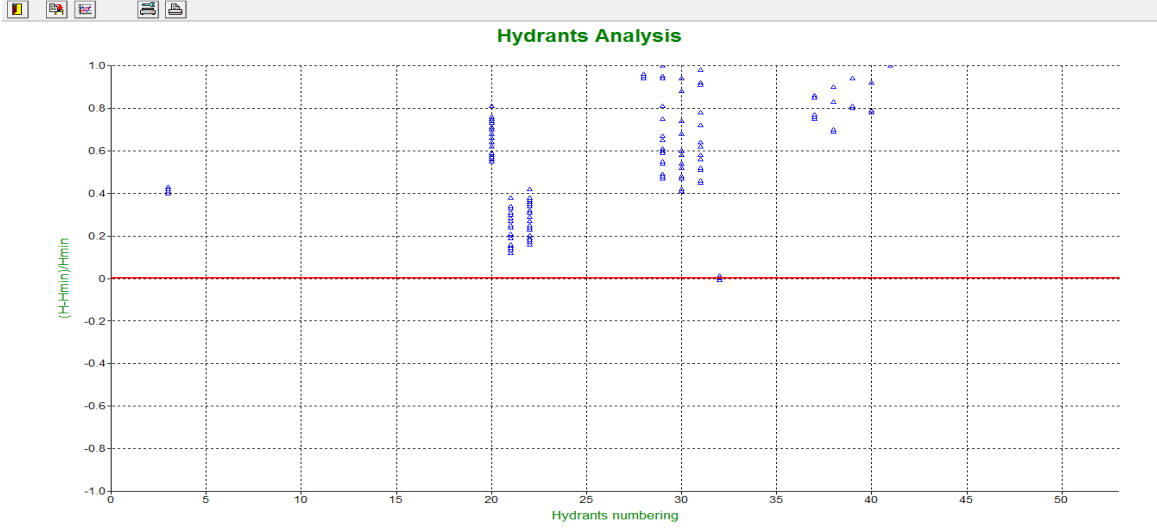
Şekil 6. Hidrantaarda güvenilirlik testi



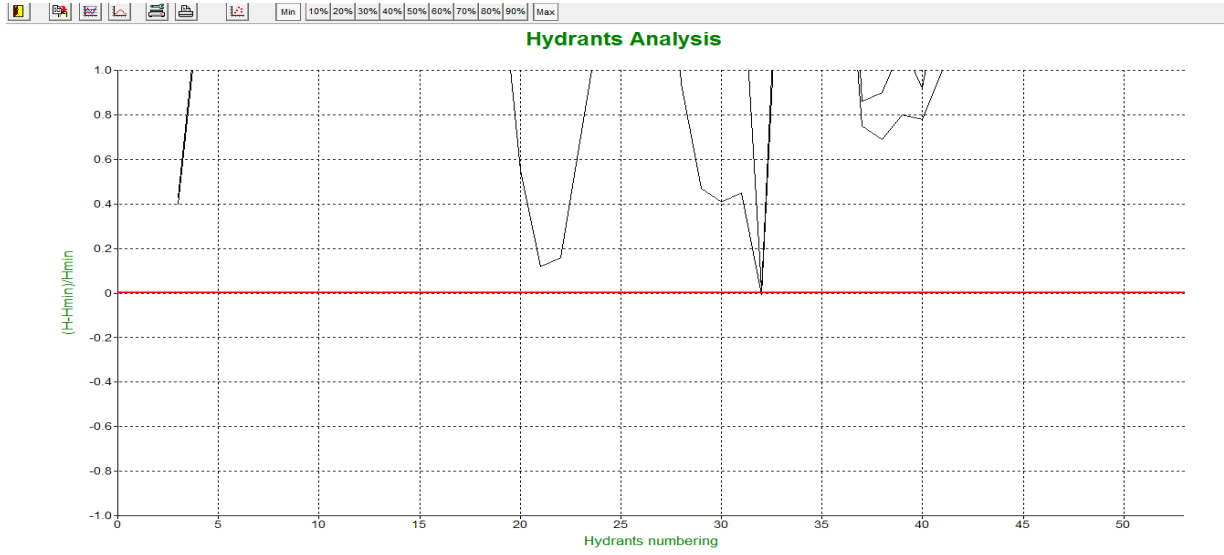
Şekil 7. Farklı su kaynağı yükseklikleri ve farklı debi koşullarında olası yetersiz hidrant oranlarının belirlenmesi



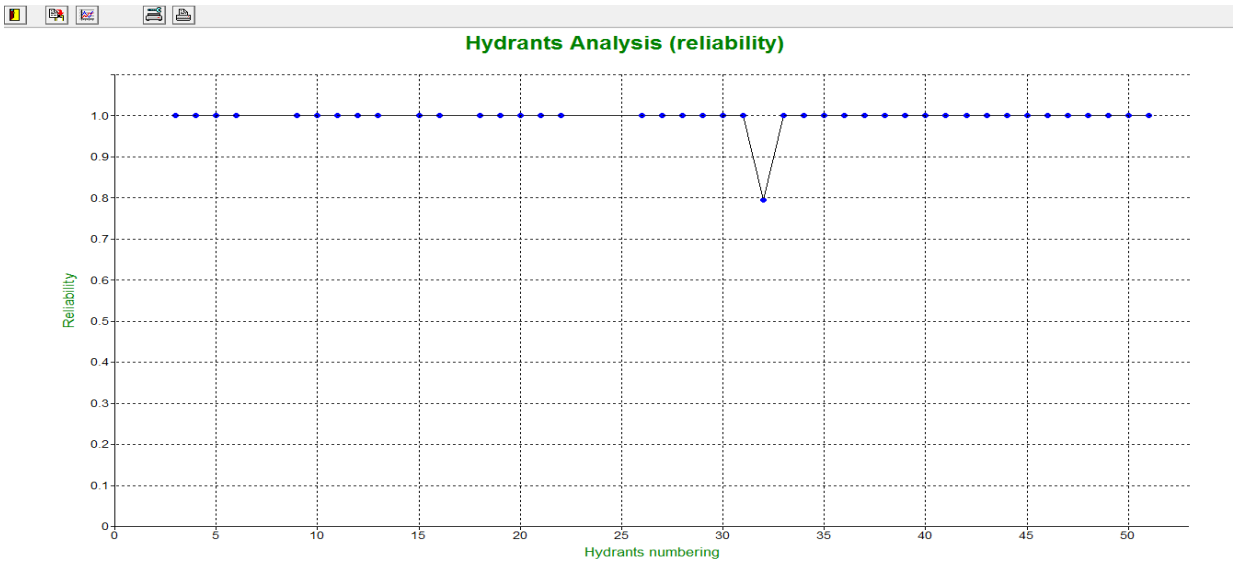
Şekil 8. Farklı su kaynağı yükseklikleri ve farklı debi koşullarında olası yetersiz hidrant oranlarının belirlenmesi



Şekil 9. Alternatif senaryodaki hidrantlardaki bağıl basınç eksiklikleri



Şekil 10. Alternatif senaryodaki hidrant bağıl basınç analizi



Şekil 11. Alternatif senaryodaki güvenilirlik testi

Tablo 1. Alternatif senaryo maliyet analizi

No	Uzunluk (m)	Mevcut boru çapları ve maliyetleri			Alternatif boru çapları ve maliyetleri			Maliyet farkı (\$)
		Çap (mm)	Birim maliyet (\$/m)	Toplam maliyet (\$)	Alternatif boru çapı (mm)	Birim maliyet(\$/m)	Toplam maliyet (\$)	
1	533.30	450	94.00	50 130.20	450	94.00	50 130.20	0
2	39.60	450	94.00	3 722.40	450	94.00	3 722.40	0
3	230.50	355	58.50	13 484.30	355	58.50	13 484.25	0
4	519.60	355	58.50	30 396.60	355	58.50	30 396.60	0
5	438.50	355	58.50	25 652.30	355	58.50	25 652.25	0
6	276.60	355	58.50	16 181.10	355	58.50	16 181.10	0
7	260.30	355	58.50	15 227.60	355	58.50	15 227.55	0
8	251.60	355	58.50	14 718.60	355	58.50	14 718.60	0
9	145.50	355	58.50	8 511.75	355	58.50	8 511.75	0
10	696.90	355	58.50	40 768.70	355	58.50	40 768.65	0
11	542.90	355	58.50	31759.70	355	58.50	31 759.65	0
12	532.00	355	58.50	31 122.00	355	58.50	31 122.00	0
13	487.50	355	58.50	28 518.80	355	58.50	28 518.75	0
14	921.20	355	58.50	53 890.20	355	58.50	53 890.20	0
15	167.30	250	29.00	4 851.70	225	23.50	3 931.55	-920.15
16	58.10	250	29.00	1 684.90	225	23.50	1 365.35	-319.55
17	73.90	250	29.00	2 143.10	225	3.50	1 736.65	-406.45
18	614.40	225	23.50	14 438.40	160	12.00	7 372.80	-7 065.60
19	419.30	200	19.00	7 966.70	140	9.00	3 773.70	-4 193.00
20	211.80	160	12.00	2 541.60	110	5.50	1 164.90	-1 376.70
21	238.80	160	12.00	2 865.60	110	5.50	1 313.40	-1 552.20
22	230.00	110	5.50	1 265.00	110	5.50	1 265.00	0
23	165.00	450	94.00	15 510.00	355	58.50	9 652.50	-5 857.50
24	463.20	225	23.50	10 885.20	200	19.00	8 800.80	-2 084.40
25	419.10	225	23.50	9 848.85	200	19.00	7 962.90	-1 885.95
26	477.30	225	23.50	11 216.60	180	15.00	7 159.50	-4 057.05
27	631.00	225	23.50	14 828.50	160	12.00	7 572.00	-7 256.50
28	680.40	160	12.00	8 164.80	160	12.00	8 164.80	0
29	360.30	160	12.00	4 323.60	140	9.00	3 242.70	-1 080.90
30	155.40	125	7.90	1 227.66	140	9.00	1 398.60	+170.94
31	218.80	125	7.90	1 728.52	110	5.50	1 203.40	-525.12
32	336.00	125	7.90	2 654.40	140	9.00	3 024.00	+369.60
33	454.30	110	5.50	2 498.65	110	5.50	2 498.65	0
34	206.50	110	5.50	1 135.75	110	5.50	1 135.75	0
35	381.90	110	5.50	2 100.45	110	5.50	2 100.45	0
36	202.30	110	5.50	1 112.65	110	5.50	1 112.65	0
37	361.30	225	23.50	8 490.55	180	15.00	5 419.50	-3 071.05
38	271.70	225	23.50	6 384.95	160	12.00	3 260.40	-3 124.55
39	183.20	180	15.00	2 748.00	140	9.00	1 648.80	-1 099.20
40	90.40	160	12.00	1 084.80	110	5.50	497.20	-587.60
41	193.90	110	5.50	1 066.45	110	5.50	1 066.45	0
42	506.00	110	5.50	2 783.00	110	5.50	2 783.00	0
43	61.10	250	29.00	1 771.90	180	15.00	916.50	-855.40
44	103.40	250	29.00	2 998.60	180	15.00	1 551.00	-1 447.60
45	84.80	225	23.50	1 992.80	160	12.00	1 017.60	-975.20
46	241.90	225	23.50	5 684.65	140	9.00	2 177.10	-3 507.55
47	196.10	180	15.00	2 941.50	125	7.90	1 549.19	-1 392.31
48	251.60	160	12.00	3 019.20	110	5.50	1 383.80	-1 635.40
49	131.40	160	12.00	1 576.80	140	9.00	1 182.60	-394.20
50	323.30	140	9.00	2 909.70	110	5.50	1 778.15	-1 131.55
51	392.40	110	5.50	2 158.20	110	5.50	2 158.20	0
Σ				53 6687.98			47 9425.49	-57 262.49

Alternatif senaryo için otomatik olarak program tarafından seçilen boru çapları incelendiğinde yeni

durumda 26 boru hattında boru çaplarının küçüldüğü (6 818.50 m), 2 boru hattında (491.40 m) ise boru çaplarının

büyüdüğü saptanmıştır. Ayrıca, yazılım tarafından sistemin tüm hidrolik opsiyonları göz önüne alınarak otomatik olarak seçilen alternatif boru çaplarının sulama şebekesinde kullanılması durumunda sulama sisteminde sadece boru maliyetindeki artma ve azalmaya ilişkin maliyet analizi yapılmıştır. Sulama sisteminde alternatif boru çaplarının kullanılması durumunda sadece boru maliyetindeki azalma 57 262.49 \$'dır. Boruların proje sahasındaki tesisi, kazı masrafları vb. düşünüldüğünde proje keşif bedeli üzerindeki azalmanın daha yüksek olacağı söylenebilir.

4. Sonuç

COPAM ve benzeri programlarla yapılacak analizler sayesinde basınçlı sulama sistemlerinde projelendirme aşamasında meydana gelebilecek hataların önlenilebileceği ve olası maliyet artışlarının önüne geçilebileceği anlaşılmıştır. Bu nedenle, COPAM ve benzeri programlar kullanılarak sistem performansının iyileştirilmesine yönelik önlemler alınması mümkün olduğundan bu benzer programların bu amaçlarla ilgili kurumlar tarafından kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazar tarafından hazırlanan "Burdur-Çavdır-Küçükalan Basınçlı Sulama Sisteminin Copam Yazılımı ile Performans Analizi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Kurul Onayı

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

Kaynakça

- Akyol, A. (2012). Basınçlı Sulama Şebekesinde Proje Debisi Hesaplamasına İlişkin Yöntem Karşılaştırması. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim, (2020). Burdur Meteorolojik Parametreleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURDUR> (Son erişim tarihi: 01.10.2020)
- Bethery, J. (1990). Réseaux Collectifs D'irrigation Ramifiés Sous Pression Calcul Et Fonctionnement. CEMAGREF Études.

- Clément, R. (1966). Calcul des débits dans les réseaux d'irrigation fonctionnant à la demande. La Houille Blanche, 5, 553-575. doi:10.1051/lhb/1966034
- CTGREF, (1979). Programme ICARE—Calcul des Caractéristiques Indicées. Note Technique 6, CTGREF Division Irrigation, Aix-en-Provence.
- DSİ, (2010). DSİ 18. Bölge Müdürlüğü Burdur Çavdır Küçükalan Göleti Planlama Raporu.
- Estrada, C., Gonzalez, C., Aliod, R., & Pano, J. (2009). Improved pressurized pipe network hydraulic solver for applications in irrigation systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135(4), 421-430.
- Fouial, A., Khadra, R., Daccache, A., & Lamaddalena, N. (2016). Modelling the impact of climate change on pressurised irrigation distribution systems: use of a new tool for adaptation strategy implementation. Biosystems engineering, 150, 182-190. doi:10.1016/j.biosystemseng.2016.08.010
- Kara, M. (2005). Sulama ve Sulama Tesisleri. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya.
- Kurtulmuş, E., Büyükcangaz, H., Kuşçu, H. & Demir, A. (2018). The hydraulic and economic performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems: a case study in Turkey. Journal of Agricultural Sciences, 24(1), 42-49.
- Labye, Y., Olson, M.A., Galand, A., & Tsiouris, N. (1988). Design and optimization of irrigation distribution networks. FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 44, Rome, 1988.
- Lamaddalena, N. (1997). Integrated Simulation Modeling for Design and Performance Analysis of On-Demand Pressurized Irrigation Systems. (Ph.D, Dissertation, Technical University of Lisbon)
- Lamaddalena, N., & Sagardoy, J.A. (2000) Performance Analysis of on Demand Pressurized Irrigation Systems. FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 59, Rome, 2000.
- Rossman, L. (2000). Epanet 2 User's Manual. United States Environmental Protection Agency.
- Stefopoulou, A. & Dercas, N. (2017). NIREUS: A new software for the analysis of on-demand pressurized collective irrigation networks. Computers and Electronics in Agriculture, 140, 58-69.

Bazı Beef Tipi Domates Hatlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 1,
Sayfa 59-65, 2023

Özlem DEMİR^{1,2} , Hüsnü ÜNLÜ*² 

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 1,
Page 59-65, 2023

Öz: Bu araştırmada 20 adet beef tipi domates hattının bazı morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda beef tipi domates hatlarının 22 adet morfolojik karakter bakımından incelenmesi üzerinde durulmuştur. Araştırmada UPOV kriterlerine göre yapılan gözlem ve değerlendirmelerin sonucunda; hatların tamamında hipokotilde antosiyan oluşumunun olduğu ve bitki büyüme tipinin sırk (indeterminate) olduğu belirlenmiştir. Çalışmada Bd 24 hattı dışındaki tüm hatlarda meyve olgunluk renginin kırmızı ve meyve olgunluk aşamasından önce yeşil omuz oluşumunun bulunmadığı tespit edilmiştir. Hatların yaprak uzunluğu değerleri 41.33-59.33 cm, yaprak genişliği değerleri ise 34.00-57.33 cm arasında ölçülmüştür. Gövde boğum arası uzunluk ölçümleri sonucunda en yüksek değere sahip olan hattın Bd 2 (58.00 cm), en düşük değere sahip hattın ise Bd 9 (28.33 cm) olduğu belirlenmiştir. Gövde boğum arası kalınlığı ölçümlerinde ise 13.06 mm ile 20.99 mm arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Meyve eti kalınlığı ölçümlerinde; Bd 20 numaralı hattın 6.81 mm ile en düşük, Bd 5 numaralı hattın 10.54 mm ile en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beef, domates, morfolojik karakterizasyon

Determination of Morphological Characteristics of Some Beef Type Tomato Lines

Abstract: This study aimed to determine some morphological characteristics of 20 beef type tomato lines. Within the scope of this study, 22 morphological characters of beef type tomato lines were analyzed. As a result of the observations and evaluations made according to UPOV criteria, it was determined that all of the lines had anthocyanin formation in the hypocotyl and the plant growth type was indeterminate. In the study, it was determined that the fruit ripeness color was red and there was no green shoulder formation before the fruit ripeness stage in all lines except Bd 24 line. Leaf length values of the lines were measured between 41.33 - 59.33 cm and leaf width values were measured between 34.00 - 57.33 cm. As a result of the stem internode length measurements, it was determined that the line with the highest value was Bd 2 (58.00 cm) and the line with the lowest value was Bd 9 (28.33 cm). Stem internode thickness measurements obtained results ranging from 13.06 mm to 20.99 mm. In the fruit flesh thickness measurements, it was determined that line Bd 20 had the lowest value at 6.81 mm and line Bd 5 had the highest value at 10.54 mm.

Keywords: Beef, tomato, morphological characterization

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

Alınış (Received): 27/04/2023
Kabul (Accepted): 30/05/2023

¹Anamas Tohum Ltd. Şti., Serik,
Antalya, Türkiye.

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

1. Giriş

Domates, *Solanaceae* familyası, *Solanum* cinsi, *Solanum lycopersicum* türüne ait önemli bir sebze türüdür. Domates bitkisinin kültüre alınmasının ilk olarak Meksika, Peru ve Ekvator ülkelerinde yapıldığı ve İspanya'dan Avrupa'ya yayıldığı bilinmektedir. Domates yetiştiriciliğine

17. yüzyılda Çin, Güney ve Güneydoğu Asya'da, 18. yüzyılda da Japonya ve ABD'de başlanmıştır (Heuvelink, 2005). Araştırmalar sonrasında ilk geniş anlamda yetiştiriciliğinin İtalya'da yapıldığı ve 1800'lü yılların ortalarında Avrupa'da tüketiminin yaygın hale geldiği belirtilmiştir (Gould, 1992). Ülkemizde domates

yetiştiriciliğine ilk olarak Adana'da 1900'lü yılların başlarında başlamıştır (Koç, 2002).

Yetiştiriciliği bakımından dünyada oldukça geniş bir yayılım alanına sahip olan domatesin 2020 yılı verilerine göre toplam dünya üretim miktarı yaklaşık 252 milyon tondur. Dünya üretim miktarının 64 milyon tonu dünyanın en büyük domates üreticisi olarak bilinen Çin tarafından gerçekleştirilmiştir. Üretim verilerine göre 2. sırayı 20 milyon ton üretim ile Hindistan, 3. sırayı 13 milyon ton ile Türkiye ve 4. sırayı da 12 milyon ton ile ABD takip etmiştir (FAO, 2022).

Ülkemizin iklim şartlarının uygunluğu hemen hemen her bölgemizde yetiştiriciliğinin yapıyor olması dünya üretiminde üst sıralara yerleşmemize olanak sağlamıştır (Güvenç, 2017). Ülkemizde üretilen 13 milyon ton domatesin örtüaltı üretimi 4.4 milyon ton, açık tarla üretimi ise 8.6 milyon tondur (TÜİK, 2022). 2019 yılında illere göre üretim miktarları sıralamasında Antalya 2.5 milyon ton ile birinci, Bursa 1.5 milyon ton ile ikinci, Mersin ise 1 milyon ton ile üçüncü sırada yer almaktadır (TEPGE, 2021).

Örtüaltında yetiştirilen domates çeşitlerinde, yüksek verim, erkencilik, meyve şekil ve renkte homojenlik, uzun raf ömrü, biyotik ve abiyotik stres koşullarına direnç gibi özellikler öne çıkmaktadır. Genellikle, yuvarlak veya hafif basık, kırmızı, iki üç loblu ve tekli hasata uygun meyve şekline sahip çeşitlerin yetiştiriciliği daha fazla olmakla beraber, tüketim tercihlerinin değişkenlik göstermesi ile birlikte farklı renk, şekil ve boyutta domates meyvelerinin de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Meyve yapıları bakımından iri meyve boyutuna sahip, çok loblu, basık veya yuvarlak meyve özelliğindeki çeşitler ise beef tipi domatesler olarak adlandırılmaktadır (Diez ve Nuez, 2007).

Domates morfolojik ve genetik özellikleri bakımından oldukça çeşitliliği yüksek bir türdür. Bitkilerin taksonomik sınıflandırılmasında fenotipik özelliklerini oluşturan morfolojik karakterler en güçlü tarımsal belirleyicilerdir. Morfolojik değerlendirmenin doğrudan yapılabilir ve ekonomik olması ıslah çalışmalarındaki en önemli unsurdur. Morfolojik karakterlerin çevresel faktörlerden etkilenmesi ve seçimin öznel olması çoğu zaman tek başına yeterli olmamaktadır. Islah çalışmaları günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte bitkilerin genetik özelliklerinin belirlenmesini hızlandırmakta ve çoğu zaman belirsizlikleri ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır. Araştırmalar ve çalışmalar neticesinde domates bitkisinin 12 kromozomlu diploid yapıda ($2n=24$), genom boyutu yaklaşık 950 mega baz (Mb) ve sekanslanması tamamlanmış 35.000 gene sahip olduğu bilinmektedir (Bernousi vd., 2011).

20. yüzyıldan sonra, bitki ıslahı yoluyla *S. lycopersicum*'dan morfolojik olarak çok sayıda domates çeşidi ıslah edilmiştir. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin gelişmesi

ile fenotipik olarak farklı şekil, renk ve büyüklükte domates çeşitleri elde edilmiştir. Domates ıslah çalışmalarında, çeşitlerin geliştirilmesinde yüksek kaliteli meyve, verim, raf ömrü, lezzet, besin kalitesi ve üretim maliyetlerinin düşük olması başlıca hedeflerdir (Bai ve Lindhout, 2007).

Tüm bu bilgiler göz önüne alınarak, bu çalışmada bazı beef tipi domates hatlarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hatların morfolojik özellikleri bakımından değerlendirilmeleri daha sonraki çalışmalarda hibrit çeşitlere ebeveyn olma durumları açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada domates hatlarının bitki büyüme tipleri, fide döneminde hipokotilde antosiyanın oluşumunun yanı sıra çiçekte 3, yaprakta 5, meyvede 9 ve gövdede 3 özellik incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada 20 adet S6 kademesinde renk, irilik ve verim bakımından ön plana çıkan beef tipi domates hatları kullanılmıştır. Gen havuzunun ilk oluşma aşamasında S2 kademesinde temin edilen tohumlar teksele bitki seleksiyonu yöntemi ile saflaştırılarak S6 kademesine getirilmiştir. Islah programının devam ettiği her dönemde fenotipik özellikleri bakımından seçimler yapılmış ve gen havuzu oluşturulmuştur.

Domates genotiplerinin arazi denemesinin kurulacağı örtüaltı yetiştirme ortamının toprak analiz sonuçlarına göre, toprak yapısının killi-tınlı olduğu belirlenmiştir. Deneme alanına ait toprakların pH'sının 7.4 (hafif alkalın), orta kireçli (%7.9), tuzsuz (%0.122) ve organik madde miktarının çok az (%0.63) olduğu tespit edilmiştir. Genotiplere ait tohumların ekimleri (150'lik viyollere) 07 Şubat 2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Dikim aşamasına gelen fideler 17 Mart 2020 tarihinde, geniş sıra arası 130 cm, dar sıra arası 70 cm, sıra üzeri 40 cm aralıklar ile dikilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 20 bitki olacak şekilde yapılmıştır.

Domates bitkilerinin optimum gelişimleri için gece sıcaklıklarının 13-18 °C, gündüz sıcaklıklarının ise 19-24 °C arasında olması istenmektedir (Alan, 2017). Çalışmamız boyunca sera içi sıcaklık derecelerinin bu değerlere yakın tutulabilmesi için havalandırma sistemleri kullanılmıştır. Islah çalışmalarının temelini oluşturan morfolojik sınıflandırma International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV)'ın domatesin morfolojik karakterizasyonu yönergesine göre yapılmıştır (UPOV, 2020).

Bu çalışma kapsamında beef tipi domates hatları 22 adet morfolojik karakter bakımından incelenmiştir. Fide döneminde hipokotilde antosiyanın oluşumu (yok (1) veya var (9)), bitki büyüme tipi (yer (1) veya sırık (2)), yaprakta

yeşil rengin yoğunluğu (açık (3), orta (5) veya yoğun (7)), yaprak duruş şekli (yarı dik (3), yatay (5) veya yarı sarkık (7)) ve ana eksene göre yaprak duruşu (yarı dik (3), yatay (5) veya yarı sarkık (7)) bakımından genotipler değerlendirilmiştir. Genotiplerin çiçek rengi (sarı veya turuncu), çiçek salkım tipi (basit (1) veya bileşik (2)), meyve sapı kopma noktası (yok (1) veya var (9)), çiçeklenme zamanı (erken (3), orta (5) veya geç (7)), meyve şekli (basık (1), hafif basık (2), yuvarlak (3), dikdörtgen (4), silindirik (5), oval (6), kalp (7), yumurtamsı (8), yumurta (9) veya armut (10)) ve meyve enine kesit şekli (yuvarlak değil (1) veya yuvarlak (2)) gözlem sonuçlarına göre tespit edilmiştir. Meyve çekirdek evi sayısı (sadece 2 (1), 2-3 (2), 3-4 (3), 4-5-6 (4) veya 6 'dan fazla (5)), meyve çiçek izi boyutu (küçük (3), orta (5) veya büyük (7)), meyve olumdan önce yeşil omuz varlığı (yok (1) veya var (9)), meyve olgunluk rengi (krem (1), sarı (2), turuncu (3), pembe (4), kırmızı (5) veya kahverengimsi (6)), meyve et rengi (krem (1), sarı (2), turuncu (3), pembe (4), kırmızı (5) veya kahverengimsi (6)) ve gövdede tüylülük (az (1), orta (2) veya yoğun (3)) durumları tespit edilmiştir. Yaprak genişliği, yaprak uzunluğu ve gövde boğum arası cetvel; meyve eti kalınlığı (meyveler ekvatorial bölgesinden ikiye ayrıldıktan sonra ölçümler yapılmıştır) ve gövde boğum arası kalınlığı ise dijital kumpas yardımı ile ölçülerek belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen veriler MINITAB (17) inc. paket programı kullanılarak varyans ön analizine tabi tutulmuştur. Önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiş ve farklı harflerle gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada domates fidelerinin dikimden önce incelenmesi sonucunda, hatların tamamında hipokotilde antosiyanin oluşumu gözlemlenmiştir. Salim vd. (2018), bitkisel materyal olarak 20 domates genotipi ve 2 ticari domates çeşidini kullandıkları bir çalışmanın sonucunda 10 domates tipinde antosiyanin oluşumunun var olduğunu bildirmektedirler. Ayyıldız (2017), S6 kademesindeki 36 domates hattının fide döneminde hipokotilde antosiyanin oluşumunun bulunmadığını bildirmektedir. Domates hatlarının büyüme tipleri olarak (determinate) ve sırk (indeterminate) olma durumlarına göre değerlendirilmeleri sonucunda çalışmada kullanılan hatların tamamının sırk büyüme tipine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada yapılan gözlemler sonucunda kullanılan 20 domates hattının tamamında çiçek renginin sarı olduğu ve meyve sapı kopma noktasının var olduğu belirlenmiştir. Oğuz (2010) ve Çukadar (2011), domateste yapmış oldukları morfolojik karakterizasyon gözlemleri sonucunda genotiplerin tamamında çiçek renginin sarı olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca Çukadar (2011), meyve sapı kopma noktası varlığının çalışmaya konu olan 48 domates genotipin tamamında bulunduğunu bildirmiştir.

Çalışmada domates genotiplerine ait bitkilerde yapılan gözlemler sonucunda; yaprak yeşil renk yoğunluğu, yaprak duruş şekli ve ana eksene göre yaprak duruşu ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Yaprak yeşil renk yoğunluğu bakımından genotiplerin 9 adedinin açık, 10 adedinin orta ve 1 adedinin koyu olduğu belirlenmiştir. Yapılan gözlemlerde domates hatlarından 12 adedinin yatay, 7 adedinin yarı dik ve 1 adedinin yarı sarkık yaprak duruş şekline sahip oldukları saptanmıştır. Ana eksene göre yaprak duruşu bakımından hatlar değerlendirildiklerinde ise; 5 hattın yatay, 1 hattın yarı dik, geri kalan diğer hatların ise yarı sarkık yaprak duruşuna sahip oldukları gözlenmiştir. Çukadar (2011), 48 yerel domates hattını kullandığı çalışmanın sonucunda; tüm hatlarda yaprak duruş şeklinin yarı dik olduğunu bildirmektedir. Aynı çalışmada hatlardan 1 adedinin açık yeşil, 47 adedinin ise yeşil yaprak rengine sahip olduğu bildirilmektedir. Domateste gerçekleştirilen bir başka çalışmada kullanılan genotip ve ticari çeşitlerden meydana gelen 22 bitkisel materyalin yaprak duruş şekli bakımından yarı dik, yatay ve sarkık şeklinde bir varyasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Salim vd., 2018).

Domates hatlarına ait çiçek salkım tipi ve çiçeklenme zamanı ile ilgili gözlemler Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1 incelendiğinde 4 domates hattının bileşik çiçek salkım tipine sahip olduğu geri kalan 16 hattın ise basit çiçek salkımına sahip oldukları belirlenmiştir. Hatlar çiçeklenme zamanı bakımından değerlendirildiğinde ise 5 hattın erken, 9 hattın orta ve 6 hattın geç çiçeklenme gösterdikleri saptanmıştır. Oğuz (2010), 88 domates genotipinde yapmış olduğu bir çalışmada, domates genotiplerinin çiçek salkım tipi bakımından 52 adedinin basit, 35 adedinin hem basit, hem bileşik ve 1 adedinin ise bileşik yapıda olduğunu bildirmiştir. Ayyıldız (2017), S6 kademesindeki 36 domates genotipinde çiçek salkım tiplerinin 21 genotipte genelde tek basit, 15 genotipte genelde çift karışık yapıda olduklarını bildirmiştir. Kal vd. (2018), sanayi tipi olduğunu düşündükleri 95 domates genotipinde yaptıkları bir çalışmada, sınırlı büyüme tipine sahip olmayan 24 genotipten 9 tanesinin orta ve 15 tanesinin erken çiçeklenme gösterdiğini bildirmişlerdir.

Domates genotiplerine ait gövdede tüylülük yoğunluğu ile ilgili elde edilen gözlem sonuçlarına göre genotiplerin 6 adedinin az (Bd 1, Bd 3, Bd 5, Bd 10, Bd 20 ve Bd 21), 7 adedinin orta (Bd 2, Bd 6, Bd 8, Bd 11, Bd 13, Bd 17 ve Bd 23) ve 7 adedinin yoğun (Bd 9, Bd 12, Bd 15, Bd 16, Bd 18, Bd 19 ve Bd 24) gövde tüylülüğüne sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Öztokat Kuzucu vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada, 2003 yılında 2 sanayilik (Uno ve Rio Grande) ve 3 sofralık (Koral, Mobil ve H-2274) domates çeşidinde gövdede tüylülüğün var olduğunu tespit etmişlerdir. Kurt (2019) 39 yerel domates genotipinden 30 genotipte tüylülüğün orta, 1 genotipte tüylülüğün çok ve 8 genotipte ise tüylülüğün az olduğunu bildirmektedir.

Tablo 1. Domates hatlarının yaprak yeşil renk yoğunluğu, yaprak duruş şekli, ana eksene göre yaprak duruşu, çiçek salkım tipi, çiçeklenme zamanı ve gövdede tüylülük durumları

Genotip No	Yaprak Yeşil Renk Yoğunluğu	Yaprak Duruş Şekli	Ana Eksene Göre Yaprak Duruşu	Çiçek Salkım Tipi	Çiçeklenme Zamanı	Gövdede Tüylülük
Bd 1	Orta (5)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Erken (3)	Az (1)
Bd 2	Açık (3)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Orta (5)	Orta (2)
Bd 3	Koyu (7)	Yarı dik (3)	Yarı sarkık (7)	Bileşik (2)	Erken (3)	Az (1)
Bd 5	Orta (5)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Orta (5)	Az (1)
Bd 6	Açık (3)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Bileşik (2)	Erken (3)	Orta (2)
Bd 8	Orta (5)	Yarı dik (3)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Geç (7)	Orta (2)
Bd 9	Orta (5)	Yarı sarkık (7)	Yarı sarkık (7)	Bileşik (2)	Geç (7)	Yoğun (3)
Bd 10	Orta (5)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Geç (7)	Az (1)
Bd 11	Orta (5)	Yarı dik (3)	Yarı dik (3)	Basit (1)	Orta (5)	Orta (2)
Bd 12	Orta (5)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Orta (5)	Yoğun (3)
Bd 13	Açık (3)	Yatay (5)	Yatay (5)	Bileşik (2)	Orta (5)	Orta (2)
Bd 15	Açık (3)	Yarı dik (3)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Erken (3)	Yoğun (3)
Bd 16	Orta (5)	Yatay (5)	Yatay (5)	Basit (1)	Orta (5)	Yoğun (3)
Bd 17	Açık (3)	Yatay (5)	Yatay (5)	Basit (1)	Erken (3)	Orta (2)
Bd 18	Açık (3)	Yarı dik (3)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Orta (5)	Yoğun (3)
Bd 19	Açık (3)	Yatay (5)	Yatay (5)	Basit (1)	Orta (5)	Yoğun (3)
Bd 20	Orta (5)	Yarı dik (3)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Geç (7)	Az (1)
Bd 21	Açık (3)	Yarı dik (3)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Geç (7)	Az (1)
Bd 23	Açık (3)	Yatay (5)	Yatay (5)	Basit (1)	Orta (5)	Orta (2)
Bd 24	Orta (5)	Yatay (5)	Yarı sarkık (7)	Basit (1)	Geç (7)	Yoğun (3)

Domates genotiplerinin meyve şekli incelemeleri sonucunda 8 adedinin yuvarlak, 8 adedinin hafif basık, 3 adedinin basık ve 1 adedinin yumurtamsı meyve şekline sahip olduğu belirlenmiştir. Meyve enine kesit şekli bakımından yapılan gözlemlerde domates hatlarından 13 adedinin yuvarlak, 7 adedinin yuvarlak değil oldukları saptanmıştır (Tablo 2). Turhan ve Şeniz (2009), 33 farklı domates genotipinde meyve şekillerinin yuvarlak (8 genotip), az yassı (14 genotip) ve yassı (11 genotip) olarak değiştiğini bildirmektedirler. Aynı çalışmada genotiplerin meyve enine kesitlerinin düzensiz (7 genotip), köşeli (10 genotip) ve yuvarlak (16 genotip) şeklinde olduğu bildirilmektedir. Domates ıslahında nitelikli saf hatlarda morfolojik karakterizasyon ve heterotik etkilerin belirlenmesi adlı çalışmasında Ayyıldız (2017), 36 adet domates genotipinde, meyve enine kesit şeklinin 29 genotipte yuvarlak ve 7 genotipte düzensiz olduğunu bildirmiştir. El-Halwagi vd. (2012), 10 adet domates genotipinde yapmış oldukları morfolojik karakterizasyon sonucuna göre meyve enine kesit şekillerini 9 genotipte yuvarlak, 1 genotipte düzensiz olarak gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada meyve şekilleri bakımından 3 tanesinin yuvarlak, 2 tanesinin hafif düz, 1 tanesinin hafif basık, 1 tanesinin basık ve 3 tanesinin yumurtamsı olduğu bildirilmektedir.

Çalışmada domates hatlarının meyve çekirdek evi sayısı ve meyve et rengi gözlemleri sonucu elde edilen veriler Tablo 2'de verilmiştir. Her bir hattın meyveleri enine kesilerek çekirdek evi sayıları 2, 2-3, 3-4, 4-5-6, 6'dan fazla olma durumları tespit edilmiştir. Gözlem sonucuna göre; 1 hattın (Bd 5) 2-3, 2 hattın (Bd 12 ve Bd 21) 3-4, 6 hattın (Bd

10, Bd 11, Bd 16, Bd 17, Bd 19 ve Bd 20) 4-5-6 ve 11 hattın (Bd1, Bd 2, Bd 3, Bd 6, Bd 8, Bd 9, Bd 13, Bd 15, Bd 18, Bd 23 ve Bd 24) 6'dan fazla çekirdek evine sahip oldukları belirlenmiştir. UPOV kriterlerine göre meyve et renklerinin 2 hatta (Bd 16 ve Bd 17) krem, 3 hatta (Bd 5, Bd 13 ve Bd 15) sarı, 6 hatta (Bd 2, Bd 6, Bd 8, Bd 12, Bd 19 ve Bd 21) turuncu, 1 hatta (Bd 24) pembe ve geriye kalan 8 hattın tamamında kırmızı olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Kabaş ve Zengin (2012), hibrit aday ve ticari domates çeşitlerinde meyve çekirdek evi sayısını 2, 3 ve 3'den fazla şekilde gözlemlediklerini bildirmektedirler. Kurt (2019), 39 yerel domates genotipinde 27'sinin meyve et renginin kırmızı, 10 genotipin koyu kırmızı ve 2 genotipin ise pembe meyve et rengine sahip olduğunu bildirmektedir. Campos de Melo vd. (2015) 8 domates genotipinden 3 tanesinin meyve et renginin pembe, 1 tanesinin kahverengimsi, 2 tanesinin yeşil, 1 tanesinin koyu kırmızı ve 1 tanesinin kırmızı olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 2 incelendiğinde sadece Bd 24 numaralı hattın meyve olgunluk aşamasından önce yeşil omuz varlığına sahip ve meyve olgunluk renginin pembe olduğu tespit edilmiştir. Diğer tüm hatlarda yeşil omuz varlığı tespit edilmemiş ve meyve olgunluk renklerinin kırmızı olduğu belirlenmiştir. Kabaş ve Zengin (2012), örtüaltı yetiştiriciliğine uygun 53 hibrit çeşit aday ile 3 ticari çeşitten, 9 hibrit çeşit adayında meyvede yeşil omuz bulunduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada ticari çeşitlerin meyve renklerinin kırmızı olduğu tespit edilirken, hibrit çeşit adaylarından 29'unda kırmızı, 23'ünde açık kırmızı ve 1'inde pembe olduğu gözlemlenmiştir. Salim vd. (2018), 20 genotip ve 2 ticari

Tablo 2. Domates hatlarına ait meyve şekli, meyve enine kesit şekli, meyve çekirdek evi sayısı, meyve et rengi, yeşil omuz varlığı, meyve olgunluk rengi ve çiçek izi boyutu gözlemleri

Genotip No	Meyve Şekli	Meyve Enine Kesit Şekli	Meyve Çekirdek Evi Sayısı	Meyve Et Rengi	Yeşil Omuz Varlığı	Meyve Olgunluk Rengi	Çiçek İzi Boyutu
Bd 1	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 2	Hafif basık (2)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Turuncu (3)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 3	Basık (1)	Yuvarlak değil (1)	6'dan fazla (5)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 5	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	2-3 (2)	Sarı (2)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Küçük (3)
Bd 6	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Turuncu (3)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Küçük (3)
Bd 8	Hafif basık (2)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Turuncu (3)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 9	Basık (1)	Yuvarlak değil (1)	6'dan fazla (5)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 10	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	4-5-6 (4)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Küçük (3)
Bd 11	Hafif basık (2)	Yuvarlak değil (1)	4-5-6 (4)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 12	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	3-4 (3)	Turuncu (3)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 13	Hafif basık (2)	Yuvarlak değil (1)	6'dan fazla (5)	Sarı (2)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 15	Yumurtamsı (7)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Sarı (2)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 16	Basık (1)	Yuvarlak değil (1)	4-5-6 (4)	Krem (1)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Küçük (3)
Bd 17	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	4-5-6 (4)	Krem (1)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 18	Hafif basık (2)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 19	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	4-5-6 (4)	Turuncu (3)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 20	Hafif basık (2)	Yuvarlak (2)	4-5-6 (4)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Büyük (7)
Bd 21	Hafif basık (2)	Yuvarlak değil (1)	3-4 (3)	Turuncu (3)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Orta (5)
Bd 23	Hafif basık (2)	Yuvarlak değil (1)	6'dan fazla (5)	Kırmızı (5)	Yok (1)	Kırmızı (5)	Küçük (3)
Bd 24	Yuvarlak (3)	Yuvarlak (2)	6'dan fazla (5)	Pembe (4)	Var (9)	Pembe (4)	Orta (5)

çeşitte gerçekleştirdikleri morfolojik karakterizasyon sonucunda bitkisel materyallerden 2'sinde yeşil omuz varlığını gözlemlediklerini bildirmektedirler.

20 beef tipi domates hatlarının meyvelerindeki çiçek izi boyutu gözlem sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. UPOV kriterlerine göre çiçek izi boyutu 5 genotipte (Bd 5, Bd 6, Bd 10, Bd 16 ve Bd 23) küçük, 8 genotipte (Bd 1, Bd 2, Bd 8, Bd 12, Bd 17, Bd 19, Bd 21 ve Bd 24) orta ve 7 genotipte (Bd 3, Bd 9, Bd 11, Bd 13, Bd 15, Bd 18 ve Bd 20) büyük olarak saptanmıştır. Salim vd. (2018), domates genotiplerinin morfolojik karakterizasyonunu belirlemek amacı ile yaptıkları bir çalışmada, çalışmaya konu olan 20 domates hattının ve 2 ticari çeşidin çiçek izi boyutlarının 4 adedinin küçük, 12 adedinin orta ve 6 adedinin büyük olduğunu bildirmişlerdir.

Domates yaprakları çok sayıda yaprakçıktan oluşan bileşik yaprak formundadır. Yaprakların üzeri yeşil renk ve koku veren tüylerle kaplıdır. Yaz aylarında dikimleri yapılan domates bitkilerinde güneş yanıklığı ve çiçek dökümlerini önlemek için geniş yapraklı, kışık dikimleri yapılan domateslerde ise hastalıkları önlemek ve erkenciliği sağlamak için dar yapraklı domates çeşitleri seçilmektedir (Vural vd., 2000). Çalışmada domates hatlarının yaprak uzunluğu ve yaprak genişliği ölçüm sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde hatlar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Çalışmada kullanılan hatların yaprak uzunluğu değerlerinin 41.33 (Bd 2)-59.33 (Bd 24) cm, yaprak genişliği değerlerinin ise 34.00 (Bd 2)-57.33 (Bd 12) cm arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Kıymacı (2021), S2 kademesinde bulunan domates genotiplerinde

yaprak genişliğini; 54 genotipte dar, 100 genotipte orta ve 82 genotipte geniş olarak belirlediğini bildirmektedir. Aynı çalışmada yaprak uzunluğunun 4 genotipte kısa, 62 genotipte orta ve 174 genotipte ise uzun olarak tespit edildiği bildirilmektedir.

Çalışmada domates hatlarının meyve eti kalınlığı ölçüm sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde hatlar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Bd 20 numaralı hattın meyve eti kalınlığı 6.81 mm ile en düşük, Bd 5 numaralı hattın meyve eti kalınlığı ise 10.54 mm ile en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Campos de Melo vd. (2015)'nin 8 domates genotipinde yapmış oldukları bir çalışmada meyve et kalınlığı ölçüm sonuçlarının 2.85-6.19 mm arasında değişim gösterdiğini bildirmektedirler. Sönmez vd. (2014), 38 sırik domates genotipinin meyve eti kalınlığı ölçüm sonuçlarının 2.9-7.6 mm arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Ünal (2021), ise beef tipi domateslerde meyve eti kalınlık ölçüm sonuçlarının 4.46-11.98 mm arasında olduğunu bildirmiştir.

Gövde boğum arası uzunluğu ve gövde boğum arası kalınlığı bakımından domates hatları arasındaki farklılığın istatistik bakımından ($P < 0.05$) önemli olduğu görülmektedir (Tablo 3). Gövde boğum arası uzunluk ölçümleri sonucunda en yüksek değere sahip olan hatların Bd 2 (58.00 cm), Bd 8 (56.33 cm), Bd 12 (51.33 cm) ve Bd 19 (50.00 cm) olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en düşük gövde boğum arası uzunluğu 28.33 cm değeri ile Bd 9 numaralı hattın olduğu ve onu sırasıyla 31.67 cm değerine sahip olan Bd 13 ve Bd 21 numaralı hatların takip ettiği görülmektedir. Gövde boğum arası

Tablo 3. Domates hatlarının yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, meyve eti kalınlığı, gövde boğum arası uzunluğu ve gövde boğum arası kalınlığı değerleri

Genotip No	Yaprak Uzunluğu (cm)	Yaprak Genişliği (cm)	Meyve Eti Kalınlığı (mm)	Gövde Boğum Arası Uzunluğu (cm)	Gövde Boğum Arası Kalınlığı (mm)
Bd 1	50.33 fg	49.33 fg	9.51 abc*	33.33 ı	19.34 ab
Bd 2	41.33 l	34.00 l	10.40 a	58.00 a	19.18 abc
Bd 3	54.67 c	55.33 ab	7.44 ef	37.67 h	16.64 def
Bd 5	43.67 k	47.67 gh	10.54 a	47.00 cde	13.45 hı
Bd 6	56.67 b	51.67 def	7.65 def	42.00 fg	14.50 ghı
Bd 8	46.67 ij	39.33 jk	8.76 bcde	56.33 a	20.99 a
Bd 9	50.67 f	42.33 ı	7.61 ef	28.33 j	18.83 bc
Bd 10	53.67 cd	52.33 cde	7.82 def	48.67 bcd	19.80 ab
Bd 11	48.33 h	54.33 bc	7.59 ef	44.67 ef	17.14 cde
Bd 12	53.00 de	57.33 a	7.99 cdef	51.33 b	14.58 fghı
Bd 13	45.67 j	41.67 ij	8.53 cde	31.67 ij	15.41 efgh
Bd 15	47.67 hı	39.67 jk	9.18 abcd	49.67 bc	18.31 bcd
Bd 16	47.67 hı	49.67 fg	8.68 bcde	33.00 ı	17.88 bcd
Bd 17	43.00 k	37.67 k	8.28 cdef	46.67 cde	14.94 fghı
Bd 18	46.00 j	47.67 gh	8.46 cde	44.67 ef	18.28 bcd
Bd 19	51.67 ef	50.00 efg	8.79 bcde	50.00 bc	13.06 ı
Bd 20	54.33 cd	50.67 ef	6.81 f	40.67 gh	16.56 defg
Bd 21	51.00 f	51.67 def	8.76 bcde	31.67 ij	19.18 abc
Bd 23	49.00 gh	46.00 h	9.49 abc	38.33 h	15.12 e-ı
Bd 24	59.33 a	53.33 bcd	10.18 ab	45.67 de	14.67 fghı

*Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 düzeyinde önemsizdir.

kalınlığı ölçümlerinde ise 13.06 mm ile 20.99 mm arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Gövde boğum arası kalınlığı en dar olan hat 13.06 mm ile Bd 19, en geniş olan hat 20.99 mm ile Bd 8 olarak bulunmuştur (Tablo 3). Keskin (2014), domateste ebeveyn ve melezlerin gövde boğum arası uzunluğu ve gövde boğum arası kalınlığı değerlerinin sırasıyla; 4.0-8.9 cm ve 4.5-16.1 mm arasında değişim gösterdiğini saptamıştır. Kurt (2019), 39 yerel domates genotipinde gövde boğum arası uzunluğunun 10.20-27.53 cm arasında değişim gösterdiğini bildirmektedir. Bu çalışmada kullanılan beef tipi domateslerin boğum arası uzunluklarının her iki çalışmadaki genotiplerden uzun oldukları belirlenmiştir.

4. Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışmada 20 beef domates hattında (S6 kademesinde) morfolojik karakterleri detaylı bir şekilde ortaya koyulmuştur. İslah çalışmasının ilk adımını oluşturan gen havuzundaki materyallerin her yönüyle özelliklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu açıdan bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre ileride yapılacak olan hibrit çeşit geliştirme çalışmalarında bu hatlardan faydalanılarak yeni çeşitlerin geliştirilebilmesi mümkün olacaktır. Çalışmada gerçekleştirilen morfolojik karakterizasyon sonucunda kullanılan hatların tamamında büyüme tipi sırk, çiçek rengi sarı ve çiçek sapı kopma noktası var olarak tespit edilmiştir. Çalışmada meyve olgunluk rengi Bd 24 hattı dışındaki tüm hatlarda kırmızı olarak saptanmıştır. Ayrıca Bd 2, Bd 8, Bd 11, Bd 13, Bd 18,

Bd 20, Bd 21 ve Bd 23 hatlarında meyve şeklinin hafif basık özellikte olduğu tespit edilmiştir.

Teşekkürler

Bu araştırma makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Özlem Demir tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir. Yazarlar 2020-YL1-0053 No'lu proje ile maddi olarak destek veren Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederler.

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

Alan, M. N. (2017). *Domates üretim teknikleri ve hastalık zararlı besin eksiklikleri*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.

- Ayyıldız, M. (2017). Domates ıslahında nitelikli saf hatlarda morfolojik karakterizasyon ve heterotik etkilerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future?. *Annals of Botany*, 100, 1085-1094. <https://doi:10.1093/aob/mcm150>.
- Bernousi, I., Emami, A., Tajbakhsh, M., Darvishzadeh, R., & Henareh, M. (2011). Studies on genetic variability and correlation among the different traits in *Solanum lycopersicum* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 152-158. <https://doi:10.15835/nbha3915859>.
- Campos de Melo, A. P., Fernandes, P. F., Venturoli, F., Silva-Neto, C. M., & Neto, A. R. (2015). Morphoagronomic characterization of tomato plants and fruit: A multivariate approach. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Agriculture*, 2015, 1-6. <https://doi:10.1155/2015/572321>.
- Çukadar, K. (2011). Erzincan ili domates (*Lycopersicon esculentum* L.) genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Diez, M. J., & Nuez, F. (2007). Tomato. In *Vegetables II Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*, pp. 249-313, Springer.
- El-Halwagi, A., Tawfik, A. A., & Badr, E. M. (2012). Morphological and chemical characterization of ten tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties. *Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences*, 7(2), 387-403.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2022. Erişim adresi: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/tomato/en/>
- Gould, W. A. (1992). *Tomato production, processing and technology* (3rd. ed.). Cti Publications Inc. Worthington, Ohio.
- Güvenç, İ. (2017). *Sebzecilik temel bilgiler muhafaza ve yetiştiricilik*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Heuvelink, E. (2005). Developmental processes. *Tomatoes*, pp. 53-83, Cabi Publishing.
- Kabaş, A., & Zengin, S. (2012). *Örtüaltı yetiştiriciliğine uygun domates çeşit ıslahı*. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu 12-14 Eylül 2012, 60-67, Konya.
- Kal, Ü., Türkmen, Ö., & Hakkı, E. E. (2018). Bazı nitelikli sanayi tipi domates genotiplerinin morfolojik özellikleri. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 8(2), 10-16.
- Keskin, L. (2014). Bazı domates (*Solanum lycopersicum*) genotiplerinin melezlenmesi, ebeveyn ve melezlerin morfolojik karakterizasyonu. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kıymacı, G. (2021). Bazı nitelikli domates genotiplerinin morfolojik ve moleküler yöntemlerle tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koç, H. (2002). *Bitkilerle sağlıklı yaşam*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Tokat, Türkiye.
- Kurt, T. (2019). Yerel domates genotiplerinin seleksiyonu ve morfolojik karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Salim, R. M. M., Rashid, H. M., Hossain, M. M., & Zakaria, M. (2018). Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19, 233-240. <https://doi:10.1016/j.jssas.2018.11.001>
- Sönmez, K., Oğuz, A., Özdamar, K., & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2014). Bazı yerel sofralık domates genotiplerinin morfolojik ve fenolojik olarak akrabalık derecelerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 24-40. <https://doi:10.29133/yyutbd.236388>
- Oğuz, A. (2010). Bazı yerel domates genotiplerinde farklı yöntemler kullanarak, domates lekeli solgunluk virüsü (*Tomato Spotted Wilt Virus=Tsww*)'ne Dayanıklılığın ve Genetik Varyasyonun Araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Öztokat-Kuzucu, C., Kaynaş, K., Kuzucu, F. C., Tatlıç-Erken, N., Kaya, S. & Daydır, H. U. (2004). Bazı domates çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. V. Sebze Tarım Sempozyumu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 21-24 Eylül 2004, Çanakkale, 288-294.
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü (TEPGE), 2021. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021Ocak%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Domates,Ocak2021,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu.pdf>
- The International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), 2020. Erişim adresi: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg044.pdf>
- Turhan, A., & Şeniz, V. (2009). Türkiye'de yetiştirilen bazı domates gen kaynaklarının verim, meyve ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Gıda ve Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(50), 5259.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>
- Ünal, A. (2021). Morphological and agronomical characterization of beef type tomato hybrids. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür sebzeleri (Sebze yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye.