



ORDU ÜNİVERSİTESİ
BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ

Ordu University
Journal of Science and Technology

Hakemli Elektronik Dergi

Aralık 2022 | Cilt: 12, Sayı: 2

ISSN: 2146-6440

e-ISSN: 2146-6459



ORDU ÜNİVERSİTESİ

BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ

CİLT 12, SAYI: 2 | ARALIK 2022

ORDU UNIVERSITY

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME 12, ISSUE: 2 | DECEMBER 2022

"Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi" 2011 yılından bu yana, Türkçe veya İngilizce olarak hazırlanan çalışmalarını açık erişimli yayınlayan bilimsel ve hakemli bir dergidir. Dergimiz, elektronik olarak yılda iki kez (Haziran ve Aralık) yayınlanmaktadır.

Dergimiz; Fen Bilimleri alanında ki Mühendislik, Temel Bilimler, Ziraat ve Fen-Matematik Eğitimi konularını kapsayan hem deneysel hem de kuramsal makalelere yer vermektedir.

Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Index Copernicus, DRJI ve SOBIAD tarafından taranıp indexlenmektedir.

"Ordu University Journal of Science and Technology" is a scientific and peer-reviewed journal that has been publishing open access studies in Turkish or English since 2011. Our journal is published electronically twice a year (June and December).

Our journal includes both experimental and theoretical articles in the fields of Science, Engineering Sciences, Agriculture, and Science-Mathematics Education.

Ordu University Journal of Science and Technology currently indexed by Index Copernicus, DRJI, and SOBIAD

Makaleler "i-Thenticate" intihal incelemesinden geçmiştir.
Articles have passed the "i-Thenticate" plagiarism review.

Dergimiz, etik "Yayın Etiği Komitesi" COPE (Committee on Publication Ethics) ilkelerini benimsemektedir.

Our journal adopts the principles of COPE (Committee on Publication Ethics).



Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY-NC 4.0)
Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

SAHİBİ

Ordu Üniversitesi Adına
Dr. Öğr. Üyesi. Mithat AKGÜN (Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü)

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi. Mithat AKGÜN

EDİTÖR YARDIMCISI

Doç. Dr. Elvan ÜSTÜN

YABANCI DİL EDİTÖRÜ

Öğr. Gör. Selin YURDAKUL

MİZANPAJ EDİTÖRÜ

Dr. Öğr. Üyesi. Necati TAŞKIN

ALAN EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Şevket Metin KARA
Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ
Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ
Prof. Dr. Genççağa PÜRÇEK

Prof. Dr. İmdat İŞCAN
Prof. Dr. Sezai ALKAN
Doç. Dr. Mustafa AKTAŞ
Doç. Dr. Ahmet AYGÜN
Prof. Dr. Erhan SET
Doç. Dr. Faruk AKYAZI
Doç. Dr. Burhan ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ
Doç. Dr. Fatih ÖNER

Doç. Dr. Ali MİROĞLU
Doç. Dr. Ömer ATABEYOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi. Mithat AKGÜN
Dr. Öğr. Üyesi. Ergün YÜCESOY

Dr. Öğr. Üyesi. Kerem ERZURUMLU
Dr. Öğr. Üyesi. Elif ÇİL

Dr. Öğr. Üyesi. Sümeyye ŞAHİN



*Endüstri Bitkileri, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler
Bitki Fizyolojisi, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği
Fiziksel Kimya
Kaynak Teknolojileri, Malzeme Tasarım ve
Davranışları, Üretim Teknolojileri, Kaplama
Teknolojisi, Malzeme Üretim Teknolojileri, Metal
Alaşımalar, Triboloji, Üretim Metalurjisi
Matematiksel Analiz
Kanatlı Hayvan Yetiştirme ve Islahı
Elektrik Makineleri ve Enerji Dönüşümü
Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
Matematiksel Analiz
Entomoloji, Nematoloji
Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Hasat Sonu
Teknolojisi ve Fizyolojisi, Meyve Yetiştirme ve Islahı
Kimya, Analitik Kimya, Elektrokimya
Tarla Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Tahıllar ve
Yemlik Tane Baklagiller
Hidrobiyoloji
Mimarlık, Planlama, Tasarım
Makine Mühendisliği, Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği, Yapay Öğrenme,
Yapay Zekâ, İşaret İşleme
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği
Eğitim Bilimleri ve Öğretmen Yetiştirme, Mikrobiyoloji,
Bakteriyoloji
Gıda Bilimleri ve Mühendisliği, Gıda Bilimi, Gıda
Kimyası, Yağ Teknolojisi, Beslenme ve Diyetetik*

2022 ARALIK 12 (2) SAYISI HAKEM LİSTESİ

Prof. Dr. Cüneyt ÇIRAK	<i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Hicran BAKIŞ	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Kamil IŞIK	<i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Muttalip GÜNDOĞDU	<i>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN	<i>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Nazım ŞEKEROĞLU	<i>Kilis 7 Aralık Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Selahattin MADEN	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Elif ÇİL	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Merve KARA	<i>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Nurdoğan TOPAL	<i>Uşak Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Orhan KARAKAYA	<i>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Önder ALBAYRAK	<i>Dicle Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Aşkın GALİÇ	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Canan ÇİFTÇİ	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Duygu Balpetek KÜLCÜ	<i>Giresun Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Mehmet Akif BOZ	<i>Yozgat Bozok Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Onur SARAÇOĞLU	<i>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Sercan TURHAN	<i>Giresun Üniversitesi</i>
Arş. Gör. Dr. Özlem ETE AYDEMİR	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Arş. Gör. Dr. Yağmur TÜRKMEN	<i>Ankara Üniversitesi</i>

- 84-92 Dokuz Tane Örten Çift Yıldız Sisteminde Eksen Dönmesi ve Işık-Zaman Etkisi Analizi
Analysis of Apsidal Motion and Light-Time Effect in Nine Eclipsing Binaries
İbrahim Bulut, Mehmet Süheyil Tarın
- 93-108 Ağrı-Eleşkirt Yöresi Tarım Topraklarına Vermikompost İlavesinin Mısır Bitkisinde
Gelişme ve Makro Besin Elementi İçeriğine Etkisi
Effect of Vermicompost Application to Agricultural Soils in Ağrı-Eleşkirt Region on Plant Growth and
Macro Nutrient Element Content of Maize
Tülay Dizikısa, Nesrin Yıldız, Kadriye Uruç Parlak
- 109-118 Determination of Egg Consumption Behaviors of Consumers in Bursa Province
Bursa İlindeki Tüketicilerin Yumurta Tüketim Davranışlarının Belirlenmesi
Özlem Berber, Sezai Alkan
- 119-134 Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa (*Hordeum vulgare* L.)
Çeşitlerinde Çimlenme ve Tohum Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi
Determination of the Effects of Salicylic Acid Treatments on Germination and Seed Properties of
Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars under Salt Stress
Ferda Özkorkmaz, Fatih Öner
- 135-147 Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Meyve Kabuklarının Biyoaktif Potansiyelinin
Belirlenmesi
Determination of Bioactive Potential of *Diospyros kaki* L. Fruit Peels
Tuğba Özbucak, Sinem Dağ, Görkem Gürkan
- 148-158 Effect of Photoperiod, Plant Growth Regulators and Explant Size on *In Vitro* Bulblet
Formation in Snowdrop
Fotoperiyot, Bitki büyüme Düzenleyicileri ve Eksplant Büyüklüğünün Kardelende *In Vitro* Soğancık
Oluşumuna Etkisi
Betül Başeli, Mehmet Muharrem Özcan, Şevket Metin Kara
- 159-166 A Study over Transformations of the Parameters of Richards Growth Model into the
Biologically Meaningful Parameters
Richards Büyüme Modelinin Parametrelerinin Biyolojik Olarak Anlamlı Parametrelere Dönüşümü
Üzerine Bir Çalışma
Volkan Oda, Mehmet Korkmaz, Halil Şenol
- 167-178 Investigations on Isolation and Characterisation of Unicellular Cyanobacteria in
Uzungöl and Cernek Lakes, Samsun, Türkiye
Uzungöl ve Cernek Göllerindeki (Samsun, Türkiye) Tek Hücreli Siyanobakterilerin İzolasyonu ve
Karakterizasyonu Üzerine Araştırmalar
Kübra Özkul, Haydar Karakaya
- 179-188 Fındıkta Külleme Hastalığının Uzun Süreli Depolamada Bazı İç Bozuklukları ve Kalite
Parametrelerine Etkisi
Effect of Hazelnut Powdery Mildew on Some Kernel Defects and Quality Parameters in Long-Term
Storage
Arzu Sezer, Sümeyye Şahin

Dokuz Tane Örten Çift Yıldız Sisteminde Eksen Dönmesi ve Işık-Zaman Etkisi Analizi

İbrahim Bulut¹ , Mehmet Süheyil Tarın² 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Çanakkale

Geliş Tarihi/Received Date: 14.03.2022

Kabul Tarihi/Accepted Date: 20.12.2022

Öz

Bu çalışmada dokuz tane örten çift yıldız sisteminin eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi, (O-C) analizi kullanılarak incelenmiştir. Analizlerden eksen dönmesi parametreleri ve çift sisteme bağlı muhtemel üçüncü cisme ilişkin parametreler belirlenmiştir. Dokuz sistem arasında en kısa eksen dönmesi dönemine sahip olan sistemin U Oph olduğu bulunmuştur ($U = 19.7 \pm 1.2$ yıl). Bu çalışmada incelenen sistemler için, sistemlere çekimsel bağlı muhtemel üçüncü cisimlerin kütleleri, $i = 90$ derece varsayımı altında, 0.09 – 4.97 M_{\odot} aralığında hesaplanmıştır. Eksen dönmesine sebep olan fiziksel süreçlerin, gözlenen eksen dönmesi hızına olan katkıları da hesaplanmıştır. Gözlenen eksen dönmesine en büyük katkının (RR Lyn ve V889 Aql dışında) bileşen yıldızların eksenleri etrafında dönmesi ve karşılıklı çekim nedeniyle oluşturdukları basıklık etkilerden geldiği görülmüştür. RR Lyn ve V889 Aql sistemlerinde ise eksen dönmesine genel göreliliğin katkısının daha büyük olduğu bulunmuştur. Diğer sistemlerde ise bu etkinin katkısının %1 ile %13 arasında olduğu hesaplanmıştır. Dokuz sistem için gözlenen eksen dönmesine üçüncü cisim nedeniyle oluşan etkinin diğer etkiler yanında ihmal edilebilir büyüklükte olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: örten çift yıldız, eksen dönmesi, ışık-zaman etkisi

Analysis of Apsidal Motion and Light-Time Effect in Nine Eclipsing Binaries

Abstract

In this study, the apsidal motion and the light-time effect of nine eclipsing binary star systems were investigated by using (O-C) analysis. The apsidal motion and the third-body parameters were determined from the analyses. According to the results, the shortest apsidal motion period was calculated for U Oph ($U = 19.7 \pm 1.2$ years). Third-body masses gravitationally bound to the systems were also found to be in the range of 0.09 - 4.97 M_{\odot} . It has been determined that the greatest contribution to the apsidal motion rate(except RR Lyn and V889 Aql) comes from the effects of the components due to the rotation and the tidal effect. It was determined that the effect of General Relativity on the axis rotation was more significant in RR Lyn and V889 Aql systems. In other systems, this effect was calculated to be less than 15%. It has been determined that the third-body effect is negligible within the observed axis rotation for all systems.

Keywords: eclipsing binary stars, apsidal motion, light-time effect

Giriş

Basık yörüngeli örten çift yıldız sistemleri, yıldızların içyapısı hakkında gözlemsel bilgilere ulaşmanın önemli bir aracıdır. Bu tür çift sistemlerde gözlenen eksen dönmesi etkisi astronomide yaklaşık yüzyıldır bilinmektedir (Cowling, 1938; Sterne, 1939). Eksen dönmesi, çift yıldızın yörünge asal eksenin uzayda dönmesi olarak tanımlanır. Eksen dönmesinin hızı, çift yıldız oluşturan bileşenlerin içyapısına bağlıdır. Bu nedenle eksen dönmesi hareketin incelenmesi, yıldız yapısı ve kuramsal evrim modellerinin gözlemsel testinin yapılmasına olanak sunar (Bulut vd., 2017; Claret vd., 2021). Ayrıca eksen dönmesi çalışmaları Güneş Sistemi dışında genel görelilik kuramının gözlem testini yapmak içinde kullanılır (Baroch vd., 2021; Guinan ve Maloney 1985). Bu çalışmalar eksen dönmesi dönemi hesaplanabilen örten çift yıldız sistemleri sayesinde gerçekleştirilmektedir.

Çok sayıdaki çift yıldız sisteminde olduğu gibi eksen dönmesi gösteren sistemlerde de üçüncü bir bileşenin varlığı gözlenebilmektedir. Bu tür çoklu sistemler, yıldız astrofiziğinde çok çeşitli süreçleri incelemek için mükemmel bir gök mekaniği laboratuvarı olarak hizmet ederler.

Bu çalışmada eksen dönmesi gösteren dokuz tane çoklu örten çift yıldız sisteminin eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi analiz yapılmış, eksen dönmesi ve muhtemel üçüncü cisme ilişkin parametreler belirlenmiştir. Ayrıca çift sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü cismin, eksen dönmesine etkisi de araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Sistemler

Bu çalışma için V889 Aql, TV Cet, HS Her, RW Lac, RR Lyn, U Oph, V1094 Tau, YY Sgr ve AO Vel örten çift yıldız sistemleri seçilmiştir. Seçilen dokuz örten çift yıldızda hem basık yörüngeli, hem de üçüncü cisme sahip olduğu çok uzun süredir bilinen sistemlerdir. Bu sistemler Bulut ve Demircan'ın (2007) basık yörüngeli örten çift yıldızlar kataloğunda da yer almakta olup farklı araştırmacılar tarafından fotometrik ve tayfsal çalışmaları yapılmış, dönem değişimleri incelenmiştir. Tablo 1'de sistemlere ilişkin literatürde yer alan son çalışmalardan elde edilen sonuçlar listelenmiştir. Bu tabloda çift yıldızın yörünge dönemi (P), maksimum parlaklığı (m_v) ve tayf türü yıldız kataloglarından alınmıştır. Tabloda yer alan eksen dönmesi dönemi (U) ve üçüncü bileşenin kütlesi (m_3) değerlerinin alındığı kaynak son sütunda verilmiştir.

Tablo 1. Sistemlerin Literatürdeki Çalışmalardan Alınan Bazı Parametreleri

Sistem	P (gün)	m_v (kadir)	Tayf türü	U (yıl)	m_3 (M_\odot)	Kaynak
V889 Aql	11.120820	9.1	B9.5V+A0V	26406 ± 597	1.6	Kıran vd. (2019)
TV Cet	9.103293	9.32	F2V+F5V	25043 ± 11760	0.18	Bozkurt ve Değirmenci (2007)
HS Her	1.637434	8.97	B5V+A4V	82.3 ± 4.3	1.72	Bozkurt ve Değirmenci (2007)
RW Lac	10.369220	11.0	G5V+G7V	9000 ± 1900	0,41	Kim vd. (2018) Wolf vd. (2006)
RR Lyn	9.945078	6.03	A6IV+F0V	2000	0.1	Khaliullin ve Khaliullina (2002)
U Oph	1.677346	6.56	B5V+B5V	20.7 ± 4	0,74	Bozkurt ve Değirmenci (2007)
V1094 Tau	8.988545	9.43	G0V+G3V	13600	0.17	Wolf vd. (2010)
YY Sgr	2.628475	10.73	B5V+B6V	294 ± 1.4	0.73	Wolf vd. (2006)
AO Vel	1.584612	9.79	BpSi+B8V	54.4 ± 0.5	4.4	Wolf vd. (2005)

Bulgular ve tartışma bölümünde Tablo 1'de verilen literatür sonuçları, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Eksen Dönmesi

Eksen dönmesi basık yörüngeli çift sistemlerde gözlenen bir olaydır. Bu olay çift yıldızın yörünge asal ekseninin uzayda dönmesidir. Eksen dönmesinin hızı çift yıldız yörüngesinin enberi noktasının boylamındaki değişimle ölçülür. Eksen dönmesine iki temel fiziksel etki sebep olmaktadır. Bunlarda birincisi eliptik yörüngeli çift sistemde bileşenlerin dönme nedeniyle kutuplardan basıklaşmaları ve karşılıklı çekim nedeniyle armutlaşmalarıdır. Bu etkilerden kaynaklanan enberi noktası boylamındaki değişim, toplam eksen dönmesine klasik katkı ($\dot{\omega}_{klasik}$) olarak adlandırılır.

Diğer etki ise genel görelilik kuramından gelir. Bu kurama göre çift yıldız bileşenleri nokta kütle olsalar bile yörünge asal ekseninin uzayda döneceği öngörülür. Relativistik etkilerden kaynaklı yörünge enberi noktasının boylamındaki değişim (relativistik katkı) için Gimenez (1985) tarafından

$$\dot{\omega}_{rel} = 5,45 \times 10^{-4} \frac{1}{1-e^2} \left(\frac{M_1+M_2}{P} \right)^{2/3} \quad (1)$$

ifadesini vermiştir. Burada (M_1) ve (M_2) bileşenlerin kütleleri, (P) ise yörünge dönemidir.

Eksen dönmesi gösteren bir çift sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin bulunması enberi noktasının boylamındaki değişimi hızlandıracağı Martynov (1948) tarafından belirtilmiştir. Martynov (1948) üçüncü cisim etkisinin enberi noktası boylamındaki değişime katkısını

$$\dot{\omega}_3 = \frac{3}{8} \lambda m^2 + \frac{225}{32} \lambda^2 m^3 \quad (2)$$

denklemleri vermiştir. Burada

$$\lambda = \frac{m_3}{M_1+M_2+m_3} \quad (3)$$

ve

$$m = \frac{P_S}{P_3} \quad (4)$$

ifade edilir. Burada (m_3) üçüncü bileşenin kütlesi, (P_3) üçüncü bileşenin yörünge dönemi, (P_S) ise yıldızıl dönemdir.

Bu durumda üçüncü bileşeni bulunan basık yörüngeli bir çift yıldız sisteminin ($\dot{\omega}_{göz}$) enberi noktasının boylamındaki gözlenen toplam değişim

$$\dot{\omega}_{göz} = \dot{\omega}_{rel} + \dot{\omega}_{klasik} + \dot{\omega}_3 \quad (5)$$

biçiminde olur. Burada enberi noktasının boylamındaki toplam değişime; ($\dot{\omega}_{rel}$) relativistik katkısı, ($\dot{\omega}_{klasik}$) klasik katkısı, ($\dot{\omega}_3$) ise üçüncü cisim etkisinden gelen katkısı göstermektedir.

Eksen Dönmesi ve Işık-Zaman Etkisi Analizleri

Bu çalışma için hem eksen dönmesi hem de ışık-zaman etkisi gözlenen dokuz tane örten çift yıldız sistemi seçilmiştir. Seçilen tüm sistemler (V889 Aql, TV Cet, HS Her, RW Lac, RR Lyn, U Oph, V1094 Tau, YY Sgr ve AO Vel) basık yörüngeli örten çift yıldız sistemleridir. Sistemlerin eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi, (O-C) diyagramı analizi aracılığıyla incelenmiştir. (O-C) diyagramları oluşturulurken C değerlerinin hesaplanmasında Kreiner vd.'den (2001) alınan lineer ışık elemanları kullanılmıştır. Oluşturulan (O-C) diyagramlarında çift sistemin eksen dönmesi hareketinden kaynaklı değişimin üstüne binmiş, üçüncü bir cismin varlığının neden olduğu ışık-zaman etkisini gösteren değişimler gözlenmiştir (Şekil 1).

Eksen dönmesi hızını hesaplamak için Giménez ve García-Pelayo (1983) tarafından önerilen daha sonra Giménez ve Bastero (1995) tarafından revize edilen yöntem kullanılmıştır. Eksen dönmesi analizinde hesaplanan parametreler; yıldızıl dönem (P_s) kavuşum dönemi (P_a), yörünge enberi noktasının boylamındaki değişim ($\dot{\omega}$)'dır.

Üçüncü cismin sebep olduğu ışık-zaman etkisinin analizi için Irwin (1952) tarafından verilen

$$\tau = \frac{A}{\sqrt{1-e_3^2 \cos^2 \omega_3}} \left[\frac{(1-e_3^2) \sin(\gamma + \omega_3)}{1+e_3 \cos \gamma} + e_3 \sin \omega_3 \right] \quad (6)$$

analitik formül kullanılmıştır. Burada (τ) üçüncü cismin neden olduğu ışık-zaman gecikmesi veya ilerlemesidir. (A) ışık zaman etkisiyle oluşan dönemli değişimin yarı genliği (gün biriminde), (e_3) ve (ω_3) sırasıyla üçüncü cismin yörüngesinin dışmerkezliği ve enberi noktasının boylamıdır. v ise örten çiftin kütle merkezinin bağlı yörünge üzerindeki konumunun gerçek anomalisidir.

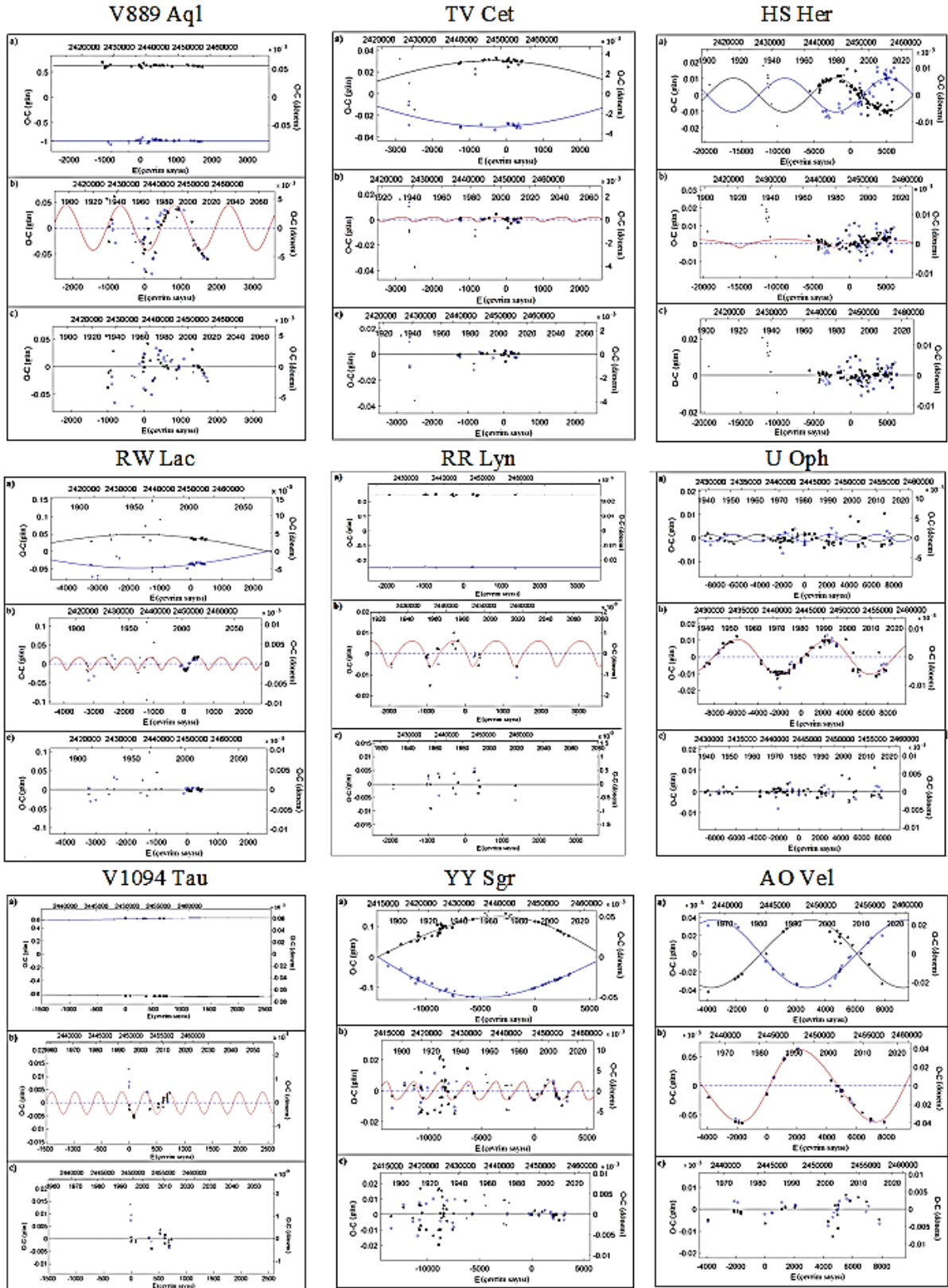
(O-C) analizlerinde (O-C) GATEWAY veri tabanında (Paschke and Brát, 2006) bulunan gözlenmiş minimum zamanları kullanılmıştır. Analizlerde farklı ağırlık verilerek (görsel = 1, fotografik = 3, fotometrik/CCD = 10) tüm minimum zamanları kullanılmıştır. (O-C) analizleri Zsche vd. (2009) tarafından yazılan MATLAB ortamında çalışan bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Analizlerden elde edilen eksen dönmesi parametreleri ile muhtemel üçüncü bileşene ait parametreler Tablo 2’de listelenmiştir. Tabloda analizlerde serbest bırakılan parametrelerin hataları parantez içinde verilmiştir. (O-C) eğrileri ile onların eksen dönmesi ve ışık-zaman etkilerini temsil eden kuramsal eğrileri ise Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’in (a) panelinde (O-C) eğrilerine eksen dönmesi için yapılan çözümlerin, gözlemlerle uyumu, (b) panelinde bunların artıklarına üçüncü cisim etkisi için yapılan çözümlerin eğrileri, (c) panelinde ise kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir.

Bulgular ve Tartışma

Sunulan çalışmada dokuz basık yörüngeli örten çift yıldız sisteminin dönem analizi gerçekleştirilmiş, eksen dönmesi parametreleri ile muhtemel üçüncü cisme ilişkin yörünge parametreleri belirlenmiştir (Tablo 2). Üçüncü cisim kütlesi ve diğer hesaplamalarda kullanılan mutlak parametreler Bulut ve Demircan (2007) çalışmasından alınmıştır.

Sonuçlara göre en kısa eksen dönmesi dönemi U Oph için hesaplanmıştır ($U= 19.7$ yıl). U Oph, HS Her ve AO Vel sistemlerinin eksen dönmesi dönemlerinin 100 yılın altında olduğu ve eksen dönmesinin oldukça hızlı olduğu görülmektedir. Bulunan sonuçlar Tablo 1’de verilen literatürdeki değerle karşılaştırıldığında TV Cet, V1094 Tau ve RW Lac için hesaplanan eksen dönmesi dönemlerinin literatürdeki değerlerden daha kısa, RR Lyn için ise daha uzun olduğu görülmektedir. Sonuçlardaki farklılıklar bu sistemlerin yavaş eksen dönmesi göstermeleri, dolayısıyla analiz edilen gözlem verilerinin eksen dönmesi döneminin çok küçük bir bölümünü kapsamamasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu nedenle sistemler için gelecekte yapılacak yeni minimum zamanı gözlemleri önemli olacaktır. Diğer sistemler için hesaplanan eksen dönmesi dönemleri Tablo 1’de verilen literatür sonuçlarıyla uyumludur.

V899 Aql ve AO Vel dışındaki sistemler için hesaplanan üçüncü cisim kütlesi $1 M_{\odot}$ ’den küçük bulunmuştur. V899 Aql için hesaplanan üçüncü cismin kütlelerinin, çifti oluşturan bileşenlerin kütlelerine ($2.4 + 2.2 M_{\odot}$) çok yakın olduğu ve AO Vel için hesaplanan üçüncü cisim kütlelerinin ise bileşenlerin kütlelerinden ($4.4 + 3.6 M_{\odot}$) daha büyük olduğu görülmektedir. HS Her için bulunan üçüncü cisim kütlesi, Bozkurt ve Değirmenci (2007) tarafından verilen değerden oldukça küçük olduğu görülmektedir. Diğer sistemler için bulunan üçüncü cisim kütleleri Tablo 1’de verilen literatür sonuçlarıyla uyumludur.



Şekil 1. Sistemlerin Dönem Değişimleri

Grafiklerde birinci minimum zamanları içi dolu, ikinci minimum zamanları içi boş sembollerle gösterilmiştir. (a) Eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisini içeren (O-C) diyagramları ve yapılan en iyi fitler, (b) (O-C) diyagramlarında eksen dönmesi etkisi çıkarıldıktan sonra kalan artıklara sadece ışık-zaman etkisi için yapılan fitler, (c) (O-C) diyagramlarına yapılan fitlerden kalan artıklar görülmektedir.

Tablo 2. Eksen Dönmesi ve Üçüncü Cisme İlişkin Parametreler

Parametre	V889 Aql	TV Cet	HS Her	RW Lac	RR Lyn	U Oph	V1094 Tau	YY Sgr	AO Vel
T_o (HJD) 2400000+	38241.7516 (11)	52873.5259 (50)	47382.4226 (7)	52253.6438 (84)	44988.2530 (59)	44416.3857 (8)	49702.4467 (22)	48059.5775 (14)	45043.6704 (94)
P_s (gün)	11.120769 (1)	9.1032913 (45)	1.6374337 (2)	10.369206 (6)	9.945073 (64)	1.6773459 (2)	8.988546 (44)	2.6284740 (2)	1.5846156 (23)
P_o (gün)	11.120769 (1)	9.1038391 (45)	1.6375489 (2)	10.369823 (6)	9.945083 (64)	1.6777369 (2)	8.990485 (44)	2.628537 (2)	1.5847377 (23)
e	0.375 (13)	0.011(6)	0.012 (6)	0.0147 (45)	0.078 (25)	0.003 (2)	0.27 (5)	0.157 (4)	0.074 (2)
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0.00045 (2)	0.0217 (2)	0.0253 (25)	0.0214 (1)	0.0004 (1)	0.0839 (84)	0.0019 (2)	0.0086 (13)	0.0277 (14)
ω_o (°)	127.66	187.95	229.4	216.84	176.87	176.26	333.08	214.3	100.14
U (yıl)	25584 (2050)	414 (40)	63 (6)	478(20)	28405 (5600)	19.7 (1.2)	4635 (450)	300 (15)	56.3 (2.5)
P_3 (yıl)	45.78	21.71	58.65	22.42	30.24	38.3	11.07	18.7	39.32
e_3	0.0003	0.677	0.811	0.412	0.529	0.129	0.0007	0.406	0.196
ω_3 (°)	117.65	218.28	277.76	8.76	4.71	177.21	4.06	164.89	356
T_3 (HJD) 2400000+	48727.742	53374.6	22977.299	60580.013	46640.964	37723.304	55221.68	53177.637	45180.414
$a_{12}\sin i_3$ (AB)	7.508656	0.3705208	0.4149502	2.8195711	1.099123	1.8123106	0.6925602	1.103098	1.09761325
A (gün)	0.0434	0.0018	0.0024	0.0161	0.0062	0.0104	0.004	0.0059	0.0622
$f(m_3)$ (M_\odot)	0.2019737	0.0001079	0.0000208	0.0445892	0.0014516	0.004057	0.002712	0.0038368	0.8551106
$m_3(M_\odot)$ ($i=90$)	2.08	0.09	0.11	0.64	0.27	0.75	0.36	0.63	4.97

Tablo 3. Gözlenen Eksen Dönmesi İçinde Farklı Etkilerin Enberi Noktası Boylamındaki Değişim Miktarları

Yıldız Adı	$\dot{\omega}$ (obs)	$\dot{\omega}$ (rel)	% katkısı	$\dot{\omega}$ (klasik)	% katkısı	$\dot{\omega}_3$	% katkısı
V889 Aql	0.00045	0.000352	78	0.0000981	22	5.19E-08	0.0115266
TV Cet	0.0217	0.00024	1	0.0214	99	1.68E-08	0.0000776
HS Her	0.0253	0.00155	6	0.0238	94	3.01E-11	0.0000001
RW Lac	0.0214	0.00017	1	0.0212	99	1.59E-07	0.0007446
RR Lyn	0.000359	0.000267	74	0.0000917	26	2.24E-08	0.0062392
U Oph	0.0839	0.00173	2	0.0822	98	4.00E-10	0.0000005
V1094 Tau	0.00191	0.000223	12	0.00169	88	2.73E-07	0.0143029
YY Sgr	0.00862	0.00111	13	0.00751	87	4.40E-09	0.0000504
AO Vel	0.0277	0.00161	6	0.0261	94	1.80E-09	0.0000063

Sistemlerdeki eksen dönmesine neden olan etkilerin enberi noktası boylamının toplam ilerleme hızına olan katkıları da hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir. Bu tabloya bakıldığında V889 Aql ve RR Lyn sistemlerin dışında gözlenen eksen dönmesi dönemine en büyük katkının bileşenlerin kendi eksenleri etrafında dönmesi ve karşılıklı çekim nedeniyle oluşan basıklık etkilerden (klasik katkı) geldiği görülmektedir. V889 Aql ve RR Lyn sistemleri dışındaki sistemlerde toplam eksen dönmesi oranı içinde relativistik katkının yaklaşık %1 ile %13 aralığında olduğu da belirlenmiştir. Buna karşın V889 Aql ve RR Lyn sistemlerinde toplam eksen dönmesi içinde genel görelilikten gelen katkının sırasıyla %78 ve %74 olduğu hesaplanmıştır. Diğer taraftan tüm sistemler için gözlenen eksen dönmesi içinde üçüncü cisimden kaynaklanan etkinin oranı diğer etkilerle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu görülmektedir.

U Oph için üçüncü cismin yörünge döneminin, eksen dönmesi döneminden daha uzun olduğu, HS Her ve AO Vel sistemlerinde ise bu dönmelerin birbirine yakın değerlere sahip olduğu bulunmuştur. Diğer sistemlerde (V889 Aql, TV Cet, RW Lac, V1094 Tau ve YY Sgr) üçüncü cismin yörünge döneminin, eksen dönmesi döneminden çok kısa olduğu görülmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi gösteren dokuz tane örten çift yıldız üzerine yapılan bu çalışmada eksen dönmesine katkı sağlayan fiziksel etkiler karşılaştırılmıştır. Buna göre eksen dönmesine en büyük katkının bileşenlerin karşılıklı çekimi ve bileşenlerin dönmesinden kaynaklanan etkilerden geldiği hesaplanmıştır. Genel Görelilik kuramından gelen etkinin eksen dönmesi içinde baskın olduğu iki sistemin (V889 Aql ve RR Lyr) eksen dönmesi dönemlerinin çok uzun olduğu görülmüştür. Toplam eksen dönmesi içinde üçüncü cismin katısının % 0.01 altında olduğu da bulunmuştur. Bu sistemler için ileride yapılacak hassas minimum zamanı gözlemleri elde edilen sonuçların denetlenmesi açısından önemli olacaktır.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, İbrahim BULUT danışmanlığında Mehmet Süheyil TARIN tarafından tamamlanan "Basık Yörüngeli Örten Çift Yıldız Sistemlerinde Eksen Dönmesi ve Üçüncü Cisim Etkisi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Tez No. 598913).

Yazar Katkısı

İbrahim Bulut, deneysel ortamı hazırlandı ve deneysel süreci takip etti. *Mehmet Süheyil Tarin*, verilerin toplanması ve istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

İbrahim Bulut  <https://orcid.org/0000-0002-7128-8887>

Mehmet Süheyil Tarin  <https://orcid.org/0000-0002-2948-6142>

Kaynaklar

Baroch, D., Giménez, A., Ribas, I., Morales, J. C., Anglada-Escudé, G. ve Claret, A.(2021). Analysis of apsidal motion in eclipsing binaries using TESS data-I. A test of gravitational theories. *Astronomy & Astrophysics*, 649, A64. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040004>

Bozkurt, Z. ve Değirmenci, Ö. L. (2007). Triple systems showing apsidal motion. *Monthly Notices of The Royal Astronomical Society*, 379 (1), 370-378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2007.11971.x>

Bulut, İ. ve Demircan, O. (2007). A new catalogue of eclipsing binary stars with eccentric orbits. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 378(1), 179–181. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2007.11756.x>




Bulut, İ., Bulut A. ve Demircan, O. (2017). New observational data on the internal structure constants of main-sequence stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 468(3), 3342–3346. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx593>

- Claret, A., Giménez, A., Baroch, D., Ribas, I., Morales, J. C. ve Anglada-Escudé, G., (2021). Analysis of apsidal motion in eclipsing binaries using TESS data: II. A test of internal stellar structure. *Astronomy & Astrophysics*, 654, A17. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141484>
- Cowling, T.G., (1938). On the motion of the apsidal line in close binary systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 98, 734. <https://adsabs.harvard.edu/pdf/1938MNRAS..98..734C>
- Giménez, A. ve Bastero, M.(1995). A revision of the ephemeris-curve equations for eclipsing binaries with apsidal motion. *Astrophysics and Space Science*, 226, 99-107. <https://doi.org/10.1007/BF00626903>
- Giménez, A. ve García-Pelayo, J.M. (1983). A new method for the analysis of apsidal motions in eclipsing binaries. *Astrophysics and Space Science*, 92, 203-222. <https://doi.org/10.1007/BF00653602>
- Giménez, A. (1985). General-Relativistic Periastron Advances in Eclipsing Binary Systems. *The Astrophysical Journal*, 297, 405-412. <https://adsabs.harvard.edu/pdf/1985ApJ...297..405G>
- Guinan, E. F. ve Maloney, F. P. (1985). The apsidal motion of the eccentric eclipsing binary DI Herculis - an apparent discrepancy with general relativity. *The Astrophysical Journal*, 90 (8), 1519–1528. <https://adsabs.harvard.edu/pdf/1985AJ.....90.1519G>
- Irwin, J. B.(1952). The determination of a light-time orbit. *Astrophysical Journal*, 116, 211-217. https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1952ApJ...116..211I&defaultprint=YES&filetype=.pdf
- Kiran, E., Bakış, V., Bakış, H. ve Değirmenci, Ö. L. (2019). Absolute Parameters and Apsidal Motion Of The Eccentric Binary V889 Aql. *Astrophysics and Space Science*, 364(214). <https://doi.org/10.1007/s10509-019-3699-5>
- Kim, C. H., Kreiner, J. M., Zakrzewski, B., Ogłóza, W., Kim, H. W. ve Jeong, M. J. (2018). A comprehensive catalog of galactic eclipsing binary stars with eccentric orbits based on eclipse timing diagrams. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 235(2), 41. <https://doi.org/10.3847/1538-4365/aab7ef>
- Kreiner, J. M., Kim, C. H., & Na, I. S. (2001). *An atlas of OC diagrams of eclipsing binary stars*. Naukowe Akademii Pedagogicznej.
- Martynov, D. Ya.(1948). *Izv. Engelhardt Obs.* Kazan.
- Paschke, A. ve Brat, L. (2006). OC gateway, a collection of minima timings. *Open European Journal on Variable Stars*, 23, 13. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2006OEJV...23...13P/abstract>
- Sterne, T. E. (1939). Apsidal motion in binary stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 99, 451-462. <https://adsabs.harvard.edu/pdf/1939MNRAS..99..451S>
- Zasche, P., Liakos, A., Niarchos, P., Wolf, M., Manimanis, V. ve Gazeas, K. (2009). Period Changes in Six Contact Binaries, WZ and, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. *New Astronomy*, 14(2), 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.newast.2008.06.002>
- Wolf, M., Kucakova, H., Hynek, T. ve Smelcer L. (2010). The triple system AO Monocerotis. *Astronomy and Astrophysics*, 514, A75. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201014181>
- Wolf, M., Niarchos, P. G., Gazeas, K. D., Manimanis, V. N., Kotkova, L., Paschke, A. ve Zejda, M.(2006). Eccentric eclipsing binary YY sagittarii. In Giménez, À., Guinan, E., Niarchos, P. ve Rucinski, S. (Eds.), *Close binaries in the 21st century: New opportunities and challenge* (pp. 179-181). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5027-5_44

Wolf, M. ve Zejda, M.(2005). Apsidal motion in southern eccentric eclipsing binaries: V539 Ara, GG Lup, V526 Sgr and AO Vel. *Astronomy and Astrophysics*, 437(2), 545–551.
<https://doi.org/10.1051/0004-6361:20041868>

Wolf, M., Kotkova, L., Zejda, M. ve Brat, L. (2006). RW Lacertae: A new photometric triple star. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5682, 1-4.
<https://ibvs.konkoly.hu/pub/ibvs/5601/5682.pdf>

Ağrı-Eleşkirt Yöresi Tarım Topraklarına Vermikompost İlavasının Mısır Bitkisinde Gelişme ve Makro Besin Elementi İçeriğine Etkisi

Tülay Dizikisa¹ , Nesrin Yıldız² , Kadriye Uruç Parlak³ 

¹Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ağrı

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum

³Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ağrı

Geliş Tarihi / Received Date: 22.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 18.06.2022

Öz

Bu çalışmada Ağrı Eleşkirt yöresinden örneklenen 10 toprakta serada, vermicompost uygulamasının [V1 (0), V2 (%0.2), V3 (%0.6)] mısırın gelişme ve makro element içeriğine etkisi araştırılmıştır. Vermikompost uygulamasının V2 dozunda (%0.2) bitki azot alımı (%1.515 N) en yüksek; V1 dozunda (0) sodyum (%0.504 Na) ve potasyum (%2.186 K) en yüksek, bitki magnezyum alımı ise V3 dozunda (%0.6) en yüksek (%4.204 Mg) bulunmuştur. Toprak örnekleri ve vermicompost uygulamasının makro besin alımı etkileşimleri çok önemli fark göstermiştir. Makro besin elementi alımında bu etki toprak x vermicompost uygulama desenine bağlı olarak (6×0, 5×1, 3×0, 9×0 ve 2×1) sırasıyla; %0.102 P, %1.887 N, %2.777 K, %0.290 Ca, %9.524 Mg ve %1.464 Na en yüksek etkiyi göstermiştir. İstatistiksel analizler, toprak ve vermicompost uygulamasının bitki makro element alımı üzerinde çok önemli etkisinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan vermicompostun yüksek tuz içeriğine de dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler: mısır, bitki analizleri, toprak analizleri, makro element, vermicompost

The Effect of Vermicompost Application to Agricultural Soils in Ağrı-Eleşkirt Region on Plant Growth and Macro Nutrient Element Content of Maize

Abstract

In this study, the effects of vermicompost application [V1 (0), V2 (0.2%), V3 (0.6%)] on the growth and macro element content of maize were investigated in 10 soils sampled from Ağrı Eleşkirt region. At the V2 dose (0.2%) of the vermicompost application, the plant nitrogen uptake (1.515% N) was the highest; Sodium (0.504% Na) and potassium (2.186% K) were highest at V1 dose (0), and plant magnesium uptake was highest at V3 (0.6%) (4,204 Mg). The macronutrient uptake interactions of soil samples and vermicompost application showed a significant difference. This effect on macronutrient intake is dependent on soil x vermicompost application pattern (6×0, 5×1, 3×0, 9×0 and 2×1), respectively; 0.102% P, 1.887% N, 2.777% K, 0.290% Ca, 9.524% Mg and 1.464% Na showed the highest effect. Statistical analyzes showed that soil and vermicompost application had a very important effect on plant macro element uptake. In addition, attention was drawn to the high salt content of the vermicompost used in this study.

Keywords: maize, plant analysis, soil analysis, macro element, vermicompost

Giriş

Organik gübrelerin kullanımı bitkinin verim ve kalitesinde önemli artışlar sağlamaktadır. Vermikompost da bu amaçla üretilen ve kullanılan organik materyallerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır (Yıldız, 2012). Solucanlar; sindirim sistemlerinde ürettikleri antibiyotik özellikli maddeleri, aminoasitleri ve vitaminleri dışkılarına karıştırıp, oluşan gübrenin biyolojik özelliklerini iyileştirir. Ayrıca bileşimlerinde hümik ve fülvik asit gibi bitkilerin beslenmesi için önemli olan büyüme düzenleyici maddeler de bulunmaktadır (Edwards, 1995). Toprak solucanları karasal ekosistemlerin çok önemli bir parçasıdır. Kırmızı solucan (*Eisenia fetida*) bilinen en yaygın vermikompost solucanıdır (Yıldız vd., 2005). Bu solucan türlerinin organik gübreler ve bitkisel materyal (ağaç kabukları, yaprak, saman, sebze ve meyve artıkları) ile beslenmeleri ve ürettikleri yüksek değerlikli gübre, biohumus veya vermikompost olarak adlandırılmaktadır (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Vermikompost olarak bilinen solucan gübresi; solucanların, organik atıkları kompostlaştırması sonucunda ortaya çıkardıkları dışkı olarak ifade edilmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996). Vermikompostun toprak zenginleştirici, verim arttırıcı ve zarar görmüş topraklarda ıslah edici özelliklere sahip olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Ali vd., 2007; Arancon vd., 2004; Nath ve Singh, 2011; Singh vd., 2008; Tavalı vd., 2014). Vermikompost toprak düzenleyicisi özelliğine sahiptir, toprak kalitesini yükselterek ürün verimini artırır, pestisit ve bitki kalıntılarını kontrol eder, yeterli oranda yarayışlı makro ve mikro bitki besin maddelerini içerir (Bellitürk, 2016).

Yapılan çalışmalar, vermikompost uygulamasının bitkinin gereksinim duyduğu bitki besin maddelerini elverişli bir biçimde sağladığını ve bu besinlerin bitki tarafından alınımını arttırdığını göstermektedir (Karnez, 2021; Peyvast vd., 2007). Küçükyumuk vd. (2014) vermikompostun biber bitkisinin hem yaş ve kuru ağırlığını arttırdığını hem de besin elementi içerikleri üzerine olumlu etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Yourtchi vd. (2013) patates bitkisinde farklı dozlarda solucan gübre; en yüksek bitki boyu, gövde ve yaprak kuru ağırlığı, kuru ve yaş yumru ağırlığı, toplam yumru ağırlığı, yumru sayısı ve çapı, yumrudaki azot ve potasyum yüzdesi gibi parametreler ölçülmüştür. Sonuç olarak bu parametrelerde en yüksek değerleri 12 ton da⁻¹ elde etmişlerdir. Werner (1997) Kaliforniya'da topraktaki solucan yoğunluğunun arttırılmasıyla bitki yaprakları ve diğer bitkisel atıkların daha hızlı bir şekilde parçalandığını ve bunun sonucunda toprak verimliliğinin ve bitki besin elementi içeriğinin de arttığı saptamıştır. Domates ve marul tohumlarının çimlendirilmesinde vermikompost gübrelemesinin, bitki büyüme gelişimi üzerine etkilerinin büyükbaş hayvan gübresinden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Atiyeh vd., 2000). Kaviraj ve Sharma (2003), kentsel atıkların vermikompostlaştırılması için ekzotik ve yerli solucan türleri denenmiş, 42 gün sonra toplam organik C kaybı, C: N oranı, toplam N, K ve EC bakımından *Eisenia fetida*'nın daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Tavalı vd. (2013)'da solucan gübresi uygulamasının karnabaharın, mineral beslenme durumu ve verimini olumlu yönde etkilediğini bildirmektedir. Adiloğlu vd. (2015) 0 kg da⁻¹, 400 kg da⁻¹, 800 kg da⁻¹ ve 1200 kg da⁻¹ dozunda uygulanan solucan gübresinin salata bitkisinin; N, P, K, Ca, Mg, Cu ve Zn içeriklerindeki değişimleri önemli bulmamış, Fe ve Mn içeriklerinde %5 düzeyinde önemli artışlar saptamışlardır. Yourtchi vd. (2013) patates bitkisinde farklı dozlarda uygulanan solucan gübre uygulamasında; en yüksek bitki boyu, gövde ve yaprak kuru ağırlığı, kuru ve yaş yumru ağırlığı, toplam yumru ağırlığı, yumru sayısı ve çapı, yumrudaki azot ve potasyum yüzdesi gibi parametreler ölçülmüştür. Sonuç olarak bu parametrelerde en yüksek değerleri 12 ton da⁻¹ uygulamasında elde etmişlerdir.

Materyal ve Yöntem

Ağrı İli; ülkemizin doğusunda Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat-Van Bölümü sınırları içinde yer almakta olup morfolojik açıdan bir akarsu havzası özelliği göstermektedir. Kışları soğuk ve sert, yazları kurak ve sıcaktır (Dönmez, 1984). Ağrı'da yağıştan yoksun sıcak bir devrenin bulunması, doğal bitki örtüsünün ileri derecede gelişmesini engellemiştir (Atalay, 1994).

Bu çalışmada Ağrı Eleşkirt yöresinde şekerpancarı yetiştiriciliği yapılmakta olan toprakların beslenme durumunu belirlemek ve toprak yapısını iyileştirmek amacıyla, 2019 yılı nisan ayı başlangıcında dikimden önce toprak örneği alınmıştır (Jakson, 1962). 20 da'dan küçük yerlerde en az 10 farklı noktadan kök derinliği esas alınarak örnekleme yapılmıştır. Topraklar kurutulduktan sonra laboratuvar analizleri için 2 mm'lik ve sera denemesi için 4 mm'lik elekten geçirilmiştir (Kacar ve İnal, 2010).

Toprakların tekstürleri (Gee ve Hortage, 1986), kireç içerikleri (Nelson, 1982), organik madde içerikleri (Nelson ve Sommer, 1982), elektriksel kondüktivite (Richards, 1954), Katyon değişim kapasiteleri (Rhoades, 1982a) ve değişebilir K, Ca miktarları (Rhoades, 1982b), toplam azot (Bremner ve Mulravey, 1982), bitkiye yararlı fosfor (Olsen ve Sommers, 1982) belirlenmiştir.

Kontrollü sera koşullarında on farklı toprak, 90 adet saksı ile üç tekrarlamalı olacak şekilde tam şansa bağlı tesadüf blokları deneme desenine göre; 1000 g toprağa vermikompost üç dozda [V1 (0), V2 (%0.2), V3 (%0.6)] 31.07.2019 tarihinde uygulanmış ve mısır (*Zea mays L.*) tohumu ekimi yapılmıştır.

Deneme sürecinde toprakların su miktarı tarla kapasitesi düzeyinde tutulmaya çalışılmıştır. Mısır bitkileri (kompozit bir çeşit) çiçeklenme aşamasına geldiğinde toprak yüzeyinden 2 cm mesafeden hasat edilmiştir. Saksılardan hasat edilen bitkiler distile su ile yıkanmış, ön kurutma yapılmış ve daha sonra 70 °C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulduktan sonra öğütülmüşlerdir. Öğütülen bitki örnekleri yaş (asitte) yakıldıktan sonra, çözeltiliye alınan mineral besinlerin K, Ca, Mg, içerikleri ICP-MS cihazında (Kacar ve İnal, 2010) belirlenmiştir. Katı solucan gübresi Erzurum-Pasinler yolu üzerindeki özel bir firmadan temin edilmiştir.



Şekil 1. Sera Koşullarında Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Farklı Dönemlerdeki Gelişimleri

Veriler SAS-25 paket programında belirlenmiştir. Ortalamalara ait verilere LSD karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Solucan Gübre Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Vermikompostun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiş ve analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Denemede Kullanılan Vermikompostun Kimyasal Özellikleri

Kimyasal	Ortalama	Kimyasal	Ortalama
pH (1:10)	7.10	Fosfor(kg/da P ₂ O ₅)	22.80
Kireç (%)	16.07	Na (me/100 gr)	10.20
Organik madde Kül fırını (%)	51.70	K (me/100 gr)	27.00
Toplam Azot (%)	4.49	Ca (me/100 gr)	7.80
Amonyum (ppm)	50.10	KDK (me/100 gr)	60.70
Nitrat (ppm)	42.00	E.C: dS.m ⁻¹	14.30

Tablo 1 incelendiğinde görüleceği gibi denemede kullanılan solucan gübrenin “kireç ve tuz” içeriği yüksektir. Bu çalışma ile önemli bir ayrıntıya dikkat çekilmek istenmiş ve toprak organik madde içeriğini yükseltmek ve organik maddenin bazı fiziksel kimyasal biyolojik katkıları yanında, olası toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğine potansiyel risk olarak zarar veren tuzluluk ve kireçlilik etkenlerinin kümülatif olarak zamanla toprağın sağlığını ve kalitesini bozan etken olabileceği de unutulmamalıdır.

Toprak Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Araştırma konusu toprak örneklerinin yapılan analizler sonucunda belirlenen tekstür sınıfları Tablo 2’de verilmiştir. Toprakların tekstür sınıflandırmasında; örnek alınan toprakların tamamının %50’sinin killi tın, %10’unun siltli killi ve %40’ünün killi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekstür	killi	Killi tın	killi	Siltli kil	Killi tın	Killi tın	killi	killi	Killi tın	Killi tın
pH (1:2,5)	6.61	6.75	6.81	6.89	6.67	6.71	6.83	6.89	6.83	6.95
Kireç(%)	2.67	4.07	5.07	4.51	2.33	1.92	2.07	3.42	2.84	2.44
O.M (%)	1.60	2.93	3.17	2.86	3.14	2.24	2.56	3.34	2.11	2.28
E.C (dS.m ⁻¹)	124	129	155	175	150	237	222	183	163	155
KDK (me/100 g)	18.30	21.00	22.20	21.20	21.30	22.00	18.80	21.00	19.80	20.50

Araştırma kapsamındaki şekerpancari tarlalarından alınan yüzey toprak örneklerinin pH, kireç, EC, organik madde ve KDK analizleri yapıldıktan sonra elde edilen değerler, sınır değerler ile karşılaştırılmıştır (FAO, 1990; Follet, 1969; Lindsay ve Norvell 1969; Ülgen ve Yurtsever,1974; Yurtsever,1974; Wolf, 1971). Araştırma alanı topraklarının pH’sı 6.1-6.95 arasında değişmekte olup ortalama 6.79’dur. Topraklar pH değerlerine göre oransal olarak değerlendirildiğinde tamamı nötr reaksiyona sahiptir. Toprak örneklerinin tamamının kireç içerikleri ise %1.92-5.07 arasında değişmekte olup ortalama %3.13’dür. Toprak örneklerinin tamamı kireçlidir. Organik madde içerikleri ise %1.60-3.34 arasında değişmekte olup ortalama %2.62’dir. Toprak örneklerinin organik madde içeriklerinin %10’u az, %60’ı orta ve %30’u iyi olarak bulunmuştur. Araştırma topraklarının çoğu organik madde miktarı yönünden oldukça iyidir. Toprak örneklerinin tamamının EC’leri 124-237 dS m⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 169 dS m⁻¹’dir, %30’u hafif tuzlu ve %70’i orta tuzludur. Toprak örneklerinin KDK içerikleri 18.30-22.20 me/100 gr arasında değişmekte olup, ortalama 20.61 me/100 gr olarak tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin toplam azot N, P, K, Ca, konsantrasyonları belirlenmiş ve Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Toprak Örneklerinin Makro Element Konsantrasyonları

Örnek No	N (%)	P (ppm)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	(me/100 gr)	
				K	Ca
1	0.10	13	5.95	3.36	6.30
2	0.16	14	6.41	3.28	6.25
3	0.18	12	5.50	3.13	5.85
4	0.16	13	5.94	3.15	5.65
5	0.20	15	7.10	3.28	5.40
6	0.20	16	7.56	3.21	5.35
7	0.17	16	7.56	3.10	5.55
8	0.21	14	6.41	3.15	5.55
9	0.20	15	6.95	3.26	5.85
10	0.23	16	7.56	3.23	5.80

Besin elementlerinin yarıyışlılığı ile toprak tekstürü arasında sıkı bir ilişki vardır. Toprakta kil miktarı arttıkça kolloid yüzeyi artacağından adsorbe edilen ve gerektiğinde toprak çözeltisine geçen katyon miktarı artar (Kacar ve Katkat, 2007). Özellikle kumlu topraklarda, azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi elementler yıkanarak uzaklaşabilirken, killi topraklarda ise kil tipine bağlı olarak fosfor daha fazla fikse edilir (Aydemir, 1992). Ağır bünyeli topraklar, kaba bünyeli topraklara göre daha fazla su tutarken, faydalı su bakımından orta bünyeli topraklar daha uygundur. Orta bünyeli topraklarda aynı sulama koşullarında özellikle kitlesel akışla taşınan besin elementlerinin daha fazla alınabildiği anlamına gelmektedir (Ergene, 1987). Toprak örneklerinin tamamının N içerikleri %0.10-0.23 arasında değişmekte olup, ortalama %0.18'dir. Bu örneklerin %40'ının yeterli, %60'ının fazla olduğu görülmüştür. Elde edilen P₂O₅ (kg da⁻¹) ve P (ppm) değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Toprak örneklerinin tamamının fosfor içerikleri 12-16 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 14.4 ppm'dir. Tamamında yeterli düzeydedir. Toprak örneklerinin potasyum içerikleri 3.10-3.36 me/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 3.22 me/100 g'dır. Bu örneklerin tamamı yeterli düzeyin üzerindedir. Araştırma alanı toprak örneklerinin tamamının kalsiyum içerikleri 5,35-6,30 me/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 5.80 me/100 g'dır. Bu örneklerin %100'ü az düzeydedir.

Bitki Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan bitki analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Makro elementlerden azot içeriği %0.73-1.92 arasında değişmektedir. Azot değerlerine bakıldığında en düşük değerleri 9. toprak örneği en yüksek değeri ise 8. toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın toprağın tekstüründen ve organik madde içeriğinden kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Mısır bitkisi için N isteği %2.5-3.5 arasında olması gerekirken bizim değerlerimizin biraz düşük çıkması tam çiçeklenme döneminde hasat yapılmasından veya gübre dozu azlığından kaynaklanabilir.

Tablo 4. Toprak Örneklerinin Makro Element Konsantrasyonları

Örnek No	P	N	Ca	Mg	Na
	(%)				
1k	0.0920	1.51	0.109	0.3999	0.5737
1-1	0.0872	1.46	0.089	0.3484	0.7018
1-2	0.0885	1.48	0.095	0.5263	0.7338
2k	0.0922	1.73	0.219	0.4527	0.1102
2-1	0.0951	1.58	0.246	0.5147	0.1464
2-2	0.0936	1.60	0.235	0.4483	0.1023
3k	0.0893	0.89	0.290	0.5818	0.8311
3-1	0.0909	1.46	0.261	0.3775	0.9426
3-2	0.0921	1.56	0.280	0.3942	0.6707
4k	0.1024	1.25	0.117	0.3188	0.5146
4-1	0.0988	1.28	0.134	0.2829	0.3678
4-2	0.0989	1.44	0.117	0.2539	0.3638
5k	0.0937	1.39	0.188	0.2668	0.4381
5-1	0.0946	1.46	0.188	0.2289	0.3764
5-2	0.0939	1.36	0.179	0.3248	0.3888
6k	0.0984	1.89	0.147	0.2330	0.4139
6-1	0.0984	1.67	0.172	0.2466	0.4618
6-2	0.1013	1.56	0.161	0.2320	0.4325
7k	0.0898	1.70	0.104	0.2307	0.4495
7-1	0.0944	1.57	0.115	0.2001	0.3559
7-2	0.0918	1.65	0.116	0.1310	0.1871
8k	0.0878	1.60	0.278	0.1371	0.1766
8-1	0.0882	1.92	0.275	0.8980	0.1361
8-2	0.0888	1.82	0.268	0.9210	0.1170
9k	0.0886	1.69	0.258	0.9524	0.1633
9-1	0.0892	1.33	0.264	0.1320	0.1735
9-2	0.0886	0.73	0.265	0.1736	0.1827
10k	0.0893	1.27	0.187	0.7855	0.1771
10-1	0.0909	1.42	0.190	0.8147	0.1599
10-2	0.0921	1.35	0.175	0.8841	0.1854

Maltaş vd. (2017) yaptıkları çalışmada vermikompost uygulamasının kırmızı baş lahana yetiştiriciliğinde bitki boyu, baş ağırlığı, baş çapı, maksimum baş ağırlığı gibi kalite kriterleri, bitki besin elementi konsantrasyonu (N, P, K, Ca) ve bitki verimini istatistiki açıdan pozitif etkilediğini belirlemişlerdir. Bitki yaprağında özellikle N, P elementlerinin konsantrasyonlarının vermikompost uygulaması ile beslenme açısından yeterli düzeye ulaştığını görmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada bitkinin toplam azot konsantrasyonu üzerine uygulamaların etkisini istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır. Vermikompost kullanılan pek çok çalışmada bitkilerin azot konsantrasyonlarının önemli ölçüde artış gösterdiği bildirilmektedir (Azarmi vd., 2008; Kumari ve Ushakumari, 2002; Yang vd., 2008).

Tablo 4'de görüldüğü gibi fosfor içeriği %0.09-0.10 arasında değişmekte olup, en düşük değerleri 1 nolu toprak örneği en yüksek değeri ise 4 nolu toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın toprağın tekstüründen ve kireç içeriğinden kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Maltaş vd. (2017) bitkinin fosfor uygulamalarından istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilendiğini, sırasıyla %0.59, %0.56 ve %0.58 uygulamaları en iyi sonucu vererek aynı grupta yer aldığını belirtmişlerdir. Toprağa organik madde ilavesinin P mineralizasyonunu artırdığı bilinmektedir. Benzer şekilde, yapılan çalışmalar sonucunda vermikompost uygulaması ile toprakta P mineralizasyonunun arttığı belirlenmiştir (Arancon vd., 2006; Uma ve Malathi, 2009; Hashemimajd, 2004). Organik maddenin, yüksek kireç içeriği ve pH'ya sahip olan topraklarda bitkilerin fosforu daha kolay alabildiği bilinmektedir (Kacar ve Kovancı, 1982).

Tablo 4’de görüldüğü gibi kalsiyum içeriği %0.09-0.30 arasında değişmektedir. Kalsiyumda en düşük değeri 1. toprak örneği en yüksek değeri ise 3. toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın toprağın tekstüründen ve kireç içeriğinden kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Maltaş vd. (2017) yaptıkları çalışmada bitkinin toplam kalsiyum (Ca) konsantrasyonuna uygulamaların etkisini istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır. En yüksek sonucu %2.23 uygulamasında belirlemişlerdir. Kale 1996’da vermikompostta yetiştirilen bitkilerin Ca konsantrasyonlarında artış gösterdiğini bildirmiştir. Magnezyum içeriği %0.13-0.95 arasında değişmektedir. Magnezyum en düşük değeri 7 nolu en yüksek değeri ise 9 nolu toprak örneğinde vermiştir. Bu durumun toprağın tekstürü, organik madde ve kireç içeriğinden kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. Mısır bitkisi için Mg içeriği %0.10-0.50 arasında olmalıdır. Yine Maltaş vd. (2017) vermikompost uygulamasının magnezyum konsantrasyonuna etkisini istatistiksel olarak önemli bulmamışlardır.

Tablo 4’de görüldüğü gibi sodyum içeriği ise %0.110-0.943 arasında değişmektedir. Sodyum değerlerine bakıldığında en yüksek değerleri 3. toprak örneği en düşük değeri ise 2. toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın toprağın tekstürü, organik madde ve kireç içeriğinden kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Mısır bitkisi için Na isteği %0.01-0.03 arasında olmalı bu çalışmada bu değerler üzerindedir. Bu durum toprakların ve kullanılan gübrenin tuz içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Aynı zamanda 2. toprak örneğinin elektriksel iletkenliği 3. toprak örneğinden daha düşüktür. Bu da vermikompost uygulaması ile elektriksel iletkenlik arasında ters ilişki olduğunu göstermektedir. Solmaz vd. (2017) yaptıkları çalışmada salçalık ve bursa domates çeşitlerinde %0, %4, %8, %12 dozlarında vermikompost uygulamış ve denemenin 40. gün sonunda domates bitkisindeki besin elementi içerikleri analiz etmişlerdir. Yaptıkları değerlendirme de salçalık ve bursa domates çeşitlerinde %0, %4, %8, %12 dozlarında vermikompost uygulamaları sonucunda P noksan düzeyde, K fazla düzeyde, Mg fazla düzeyde ve Ca fazla düzeyde bulunmuştur. Tavalı vd. (2013)’de benzer şekilde solucan gübresi uygulamasının karnabaharın, mineral beslenme durumunu ve verim değerlerini istatistiksel düzeyde olumlu yönde etkilediğini bildirmektedir.

Bitki Agronomik Özelliklerinin Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Artan miktarlarda solucan gübresi uygulaması ile birlikte çimlenme, taze biyokütle ağırlığı, kuru biyokütlesel ağırlık, bitki boyu, yaprak sayısı değerlerinde kontrole göre önemli artışlar belirlenmiştir. Tohum çıkışı, taze ağırlık, kuru ağırlık 5 nolu toprak örneğinde yetiştirilen mısır bitkisinde en yüksek değerleri vermiştir. Bitki boyu ve yaprak sayısı ise 6 nolu toprak örneğinde yetiştirilen mısır bitkisinde en yüksek değeri vermiştir. Tohum çıkışı, taze ağırlık, kuru ağırlık ve bitki boyu en düşük değeri 10 nolu toprak örneğinde yetiştirilen mısır bitkisinde en düşük değeri vermiştir. Yaprak sayısı ise 4 nolu toprak örneğinde yetiştirilen mısır bitkisinde en düşük değeri vermiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede söz konusu artışlar 0.01 ve 0.001 olasılık düzeyinde çok önemli bulunmuştur (Tablo 5). Toprak örneklerinin bazı fiziksel kimyasal rutin özellikleri arasında çok fark olmasa da, bu çalışmada tespit edilmeyen olası biyolojik özellikler veya o an için toprağın çimlenme koşullarında muhtemel çimlenmeyi etkileyen faktörler (nem, sıcaklık, havalanma, sıklık vb.) kontrol altında olsa da çimlenmeyi etkilemiş olabilir diye düşünülmüştür.

Tablo 5. Çimlenme ve Bitki Gelişmesi Üzerine Farklı Toprak Örneklerinin Etkisinin Ortalama Değerleri

Toprak Örnekleri	Tohum Çıkışı (gün)	Taze ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Bitki boyu (cm)	Yaprak sayısı
1	6.33 ^c	13.532 ^{cd}	1.59 ^{cd}	84.64 ^b	8.00 ^{ab}
2	7.00 ^a	12.699 ^{de}	1.55 ^d	85.04 ^b	7.33 ^{bc}
3	6.56 ^b	15.519 ^b	1.70 ^{cd}	88.41 ^{ab}	7.44 ^{bc}
4	5.00 ^e	15.504 ^b	1.81 ^{cd}	88.42 ^{ab}	7.00 ^c
5	5.00 ^e	19.828 ^a	2.27 ^a	88.19 ^{ab}	7.78 ^{ab}
6	5.00 ^e	18.691 ^a	2.17 ^{ab}	94.72 ^a	8.44 ^a
7	5.00 ^e	15.262 ^{bc}	1.84 ^{cd}	83.44 ^b	8.00 ^{ab}
8	6.00 ^d	15.788 ^b	1.86 ^{bc}	82.87 ^b	7.44 ^{ab}
9	5.00 ^e	11.962 ^{de}	1.23 ^e	80.68 ^b	8.22 ^a
10	5.00 ^e	11.588 ^e	1.15 ^e	71.28 ^c	8.00 ^{ab}
Ortalama	5.59	15.04	1.72	84.77	7.77
F Değeri	0.2	1.79	0.31	7.93	0.74
AÖF	128.92 ^{***}	18.52 ^{***}	10.6 ^{***}	4.83 ^{***}	2.97 ^{**}
VK (%)	3.78	12.6	19.25	9.92	10.07

Aynı harfle işaretlenenler birbirinden farklı değildir. ** ve *** ile işaretlenen F değerleri 0.01 ve 0.001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 6. Vermikompost Uygulamasının Çimlenme ve Gelişme Özelliklerine Etkisinin Ortalama Değerleri

Vermikompost doz %	Çimlenme çıkışı (gün)	Taze ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Bitki Boyu (cm)	Yaprak sayısı
V1 (0)	5.60 ^a	12.72 ^b	1.41 ^b	83.28 ^a	8.00 ^a
V2 (2)	5.60 ^a	15.86 ^a	1.81 ^a	84.35 ^a	7.50 ^b
V3 (6)	5.57 ^a	16.54 ^a	1.93 ^a	86.68 ^a	7.80 ^{ab}
Ortalama	5.59	15.04	1.72	84.77	7.77
F Değeri	0.11	0.98	0.17	4.34	0.40
AÖF	0.25 ^{ns}	34.66 ^{***}	20.9 ^{***}	1.29 ^{ns}	3.11 ^{**}
VK (%)	3.78	12.6	19.25	9.92	10.07

Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden önemli ölçüde (ns) farklı değildir. ** ve *** ile işaretlenen F değerleri sırasıyla 0,01 ve 0,001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 6'nın incelenmesinden de görüleceği gibi, solucan gübre uygulamasının; tohum çıkışı ve bitki boyu üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan yaş ve kuru biyokütlesel ağırlık ile yaprak sayısına etkisi çok önemli bulunmuştur.

Tablo 7. Çimlenme ve Bitki gelişme Özelliklerine (Tohum Çıkışı, Taze Ağırlık, Kuru Ağırlık, Bitki Boyu ve Yaprak Sayısı) Toprak Örnekleri ve Vermikompost Etkileşimi Etkisinin (interaksiyon) Ortalama Değerleri

Uygulamalar	Tohum çıkışı (day)	Taze ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Bitki Boyu (cm)	Yaprak sayısı
1×0	6.00 ^b	11.26 ^{klm}	1.33 ^l	74.67 ^{gh}	7.67 ^{b-e}
1×1	6.00 ^b	10.26 ^{lm}	1.22 ^{ikl}	84.17 ^{c-f}	7.33 ^{cde}
1×2	7.00 ^a	19.08 ^{a-e}	2.21 ^{a-e}	95.10 ^{abc}	9.00 ^a
2×0	7.00 ^a	10.41 ^{lm}	1.31 ^{i-l}	84.57 ^{f-f}	7.67 ^{b-e}
2×1	7.00 ^a	12.84 ^{ikl}	1.60 ^{g-k}	76.60 ^{e-h}	6.67 ^e
2×2	7.00 ^a	14.85 ^{f-j}	1.73 ^{e-j}	93.97 ^{abc}	7.67 ^{b-e}
3×0	7.00 ^a	11.48 ^{kl}	1.17 ^{kl}	84.00 ^{c-f}	7.67 ^{b-e}
3×1	7.00 ^a	16.67 ^{d-g}	1.85 ^{d-i}	86.63 ^{b-f}	7.33 ^{cde}
3×2	5.67 ^b	18.40 ^{b-e}	2.08 ^{b-g}	94.60 ^{abc}	7.33 ^{cde}
4×0	5.00 ^c	11.03 ^{klm}	1.38 ^{h-l}	83.90 ^{c-f}	7.00 ^{de}
4×1	5.00 ^c	16.31 ^{d-h}	1.65 ^{e-j}	86.57 ^{b-f}	6.67 ^e
4×2	5.00 ^c	19.18 ^{a-d}	2.39 ^{a-d}	94.80 ^{abc}	7.33 ^{cde}
5×0	5.00 ^c	16.40 ^{d-h}	1.73 ^{e-j}	85.20 ^{b-f}	8.67 ^{ab}
5×1	5.00 ^c	22.17 ^a	2.63 ^a	92.10 ^{a-d}	7.33 ^{cde}
5×2	5.00 ^c	20.91 ^{ab}	2.46 ^{ab}	87.27 ^{a-f}	7.33 ^{cde}
6×0	5.00 ^c	20.63 ^{abc}	2.09 ^{a-f}	100.77 ^a	9.00 ^a
6×1	5.00 ^c	20.70 ^{abc}	2.56 ^{ab}	98.67 ^{ab}	8.67 ^{ab}
6×2	5.00 ^c	14.74 ^{f-j}	1.85 ^{d-i}	84.73 ^{c-f}	7.67 ^{b-e}
7×0	5.00 ^c	10.63 ^{lm}	1.23 ^{ikl}	79.40 ^{d-h}	8.33 ^{abc}
7×1	5.00 ^c	16.20 ^{e-i}	1.89 ^{c-h}	88.90 ^{a-e}	8.00 ^{a-d}
7×2	5.00 ^c	19.14 ^{a-d}	2.41 ^{abc}	82.03 ^{c-g}	7.67 ^{b-e}
8×0	6.00 ^b	13.18 ^{i-l}	1.52 ^{h-k}	84.37 ^{c-f}	7.33 ^{cde}
8×1	6.00 ^b	16.41 ^{d-h}	1.90 ^{c-g}	84.13 ^{c-f}	7.67 ^{b-e}
8×2	6.00 ^b	17.78 ^{c-f}	2.17 ^{a-f}	80.10 ^{d-h}	7.33 ^{cde}
9×0	5.00 ^c	13.08 ^{i-l}	1.38 ^{h-l}	87.30 ^{a-f}	8.67 ^{ab}
9×1	5.00 ^c	13.87 ^{g-k}	1.40 ^{h-l}	79.20 ^{d-h}	7.67 ^{b-e}
9×2	5.00 ^c	8.94 ^m	0.90 ^l	75.53 ^{e-h}	8.33 ^{abc}
10×0	5.00 ^c	9.10 ^m	0.91 ^l	68.60 ^{gh}	8.00 ^{a-d}
10×1	5.00 ^c	13.32 ^{h-l}	1.44 ^{h-l}	66.57 ^h	7.67 ^{b-e}
10×2	5.00 ^c	12.34 ^{ikl}	1.11 ^{kl}	78.67 ^{d-h}	8.33 ^{abc}
Ortalama	5.59	15.04	1.72	84.77	7.77
F Değeri	0.34	3.09	0.54	13.73	1.13
AÖF	44.32 ^{***}	12.39 ^{***}	6.68 ^{***}	2.79 ^{***}	1.89 ^{**}
VK (%)	3.77	12.60	19.28	9.92	10.07

Aynı harfle işaretlenenler birbirinden farklı değildir. ** ve *** ile işaretlenen F değerleri 0.01 ve 0.001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 7'nin incelenmesinden de görüleceği gibi; toprak örnekleri ve vermikompost uygulamasının interaksiyon etkisi çok önemli bulunmuştur.

Tablo 8. Toprak Örnekleri ile Mısır Bitkisi Makro Besin Elementi Alımı Etkisinin Ortalama Değerleri

Toprak Örnekleri	P	N	K	Ca	Mg	Na
	(%)					
1	0.089 ^d	1.486 ^d	1.519 ^g	0.098 ^g	4.289 ^{bc}	0.670 ^c
2	0.094 ^b	1.638 ^c	1.912 ^f	0.233 ^c	4.719 ^b	1.118 ^a
3	0.091 ^c	1.303 ^g	2.21 ^{4c}	0.277 ^a	4.623 ^{bc}	0.759 ^b
4	0.100 ^a	1.321 ^{fg}	2.061 ^e	0.122 ^f	2.852 ^d	0.404 ^{de}
5	0.094 ^b	1.403 ^e	2.689 ^a	1.185 ^d	2.735 ^d	0.379 ^{de}
6	0.099 ^a	1.706 ^c	2.370 ^b	0.160 ^e	2.372 ^{de}	0.436 ^d
7	0.092 ^c	1.641 ^c	2.067 ^e	0.112 ^f	1.939 ^e	0.342 ^e
8	0.088 ^d	1.780 ^a	2.371 ^b	0.262 ^b	5.521 ^a	0.150 ^f
9	0.089 ^d	1.250 ^h	2.163 ^d	0.262 ^b	4.193 ^c	0.173 ^f
10	0.090 ^{1c}	1.347 ^f	2.087 ^e	0.184 ^d	5.889 ^a	0.174 ^f
Ortalama	0.093	1.487	2.145	0.191	3.909	0.461
F Değeri	0.001	0.037	0.044	0.011	0.523	0.074
AÖF	85.98 ^{***}	205.92 ^{***}	394.21 ^{***}	324.96 ^{***}	54.09 ^{***}	138.64 ^{***}
VK (%)	1.46	2.67	2.18	5.95	14.18	17.02

Aynı harfle işaretlenenler birbirinden farklı değildir. *** ile işaretlenen F değerleri 0,001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 8’de de görüleceği gibi, farklı toprak örneklerinin mısır bitkisi makro besin elementi alımı üzerindeki etkisi de çok önemli bulunmuştur.

Tablo 9. Makro Bitki Besin Alımı Üzerinde Vermikompost Etkisinin Ortalama Değerleri

Gübre Dozları	P	N	K	Ca	Mg	Na
	(%)					
0	0.093 ^a	1.492 ^b	2.186 ^a	0.190 ^a	4.169 ^a	0.471 ^a
1	0.093 ^a	1.515 ^a	2.087 ^b	0.193 ^a	3.355 ^b	0.504 ^a
2	0.092 ^a	1.455 ^c	2.163 ^a	0.189 ^a	4.204 ^a	0.407 ^b
Ortalama	0.093	1.487	2.145	0.191	3.909	0.461
F Değeri	0.001	0.021	0.024	0.006	0.286	0.041
AÖF	1.53 ^{ns}	17.87 ^{***}	36.23 ^{***}	1.31 ^{ns}	22.53 ^{***}	11.83 ^{***}
VK (%)	1.46	2.67	2.18	5.95	14.18	17.02

Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden önemli ölçüde (ns) farklı değildir. *** ile işaretlenen F değerleri 0.001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 9’un incelenmesinden de görüleceği gibi solucan gübre uygulamasının bitki fosfor ve kalsiyum alımı üzerindeki etkisi önemsiz, azot, potasyum magnezyum ve sodyum alımı üzerindeki etkisi çok önemli bulunmuştur.

Tablo 10. Bitki Makro Besin Elementleri (P, N, K, Ca, Mg ve Na) İçerikleri Üzerinde Toprak ve Vermikompost Etkileşim Etkisine Ait Ortalama Değerler

Uygulamalar	P	N	K	Ca	Mg	Na
	(%)					
1×0	0.092 ^{def}	1.513 ^{gh}	1.493 ^p	0.109 ^{no}	3.999 ^{efg}	0.574 ^{ef}
1×1	0.087 ⁱ	1.463 ^{hi}	1.567 ^p	0.089 ^p	3.484 ^{fgh}	0.668 ^{de}
1×2	0.089 ^{ghi}	1.480 ^{hi}	1.497 ^p	0.095 ^{op}	5.263 ^{cd}	0.762 ^{cd}
2×0	0.092 ^{def}	1.730 ^c	1.773 ^o	0.219 ^g	4.527 ^{de}	1.135 ^b
2×1	0.095 ^c	1.580 ^f	1.853 ⁿ	0.246 ^{ef}	5.147 ^{cd}	1.464 ^a
2×2	0.094 ^{cd}	1.603 ^{ef}	2.110 ^{ij}	0.235 ^{fg}	4.483 ^{de}	0.756 ^{cd}
3×0	0.089 ^{ghi}	0.893 ^o	2.173 ^{ghi}	0.290 ^a	5.818 ^c	0.764 ^{cd}
3×1	0.091 ^{efg}	1.460 ^{hi}	2.183 ^{ghi}	0.261 ^{cde}	4.108 ^{ef}	0.843 ^c
3×2	0.092 ^{def}	1.557 ^{fg}	2.287 ^e	0.280 ^{ab}	3.942 ^{efg}	0.671 ^{de}
4×0	0.102 ^a	1.247 ⁿ	1.987 ^{lm}	0.117 ^{mn}	3.188 ^{ghij}	0.481 ^{fg}
4×1	0.099 ^b	1.277 ^{mn}	2.070 ^{jk}	0.134 ^{lm}	2.829 ^{hijk}	0.368 ^g
4×2	0.099 ^b	1.440 ^{ij}	2.127 ^{hij}	0.117 ^{mn}	2.539 ^{ijkl}	0.364 ^g
5×0	0.094 ^{cd}	1.393 ^{kl}	2.700 ^a	0.188 ^{hi}	2.668 ^{hijk}	0.438 ^g
5×1	0.095 ^c	1.457 ^{hij}	2.777 ^a	0.188 ^{hi}	2.289 ^{kl}	0.376 ^g
5×2	0.094 ^{cd}	1.360 ^{kl}	2.590 ^c	0.179 ^{hij}	3.248 ^{fghi}	0.389 ^g
6×0	0.098 ^b	1.887 ^a	2.727 ^{ab}	0.147 ^{kl}	2.330 ^{ijkl}	0.414 ^g
6×1	0.098 ^b	1.667 ^{cde}	2.177 ^{ghi}	0.172 ^{ij}	2.466 ^{ijkl}	0.462 ^{fg}
6×2	0.101 ^a	1.563 ^{fg}	2.280 ^{fg}	0.161 ^{jk}	2.320 ^{ijkl}	0.433 ^g
7×0	0.090 ^{fgh}	1.703 ^{cd}	1.973 ^m	0.104 ^{nop}	2.307 ^{ijkl}	0.449 ^{fg}
7×1	0.094 ^{cd}	1.573 ^{fg}	1.947 ^m	0.155 ⁿ	2.001 ^{kl}	0.389 ^g
7×2	0.092 ^{def}	1.645 ^{de}	2.280 ^{ef}	0.117 ^{mn}	1.310 ^m	0.187 ^h
8×0	0.088 ^{hi}	1.603 ^{ef}	2.397 ^d	0.278 ^{abc}	1.371 ^m	0.177 ^h
8×1	0.088 ^{hi}	1.923 ^a	2.280 ^{ef}	0.275 ^{abcd}	5.980 ^c	0.136 ^h
8×2	0.089 ^{ghi}	1.813 ^b	2.437 ^d	0.268 ^{bcd}	9.210 ^a	0.136 ^h
9×0	0.089 ^{ghi}	1.687 ^{cd}	2.433 ^d	0.258 ^{de}	9.524 ^a	0.163 ^h
9×1	0.089 ^{ghi}	1.330 ^{lm}	1.963 ^m	0.264 ^{bcde}	1.320 ^m	0.174 ^h
9×2	0.089 ^{ghi}	0.733 ^p	2.093 ^j	0.265 ^{bcd}	1.736 ^{lm}	0.183 ^h
10×0	0.089 ^{ghi}	1.267 ^{mn}	2.200 ^{gh}	0.187 ^{hi}	5.855 ^c	0.177 ^h
10×1	0.091 ^{efg}	1.423 ^{ijk}	2.057 ^{kl}	0.190 ^h	3.824 ^{efg}	0.160 ^h
10×2	0.092 ^{de}	1.350 ^l	2.033 ^{klm}	0.175 ^{hij}	7.986 ^b	0.185 ^h
Ortalama	0.093	1.487	2.145	0.191	3.909	4.61
F Değeri	0.002	0.065	0.077	0.019	9.052	1.280
AÖF	29.54***	122.37***	146.48***	102.37***	46.38***	48.73***
VK (%)	1.46	2.67	2.18	5.95	14.18	17.00

Aynı harfle işaretlenenler birbirinden farklı değildir. *** ile işaretlenen F değerleri 0,001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 10' un incelenmesinden de görüleceği gibi, gerek topraklar gerekse vermikompost uygulamalarının bitki makro bitki besin elementi alımı sürecindeki interaksiyon etkisi son derece önemli bulunmuştur.

Tablo 11. Makro Bitki Besin Elementleri Arasındaki Korelasyon

	Soil Type	Earthworm	P	N	K	Ca	Mg	Na	SE	FW	DW	PH
Earthworm	0.000											
P	-0.208*	0.057										
N	-0.022	-0.061	0.050									
K	0.395**	-0.029	0.154	0.137								
Ca	0.240*	-0.003	-0.382**	-0.085	0.353**							
Mg	0.099	0.007	-0.328**	0.153	-0.040	0.325**						
Na	-0.783**	-0.082	0.134	0.047	-0.402**	0.019	0.038					
SE	-0.615**	-0.017	-0.311**	0.093	-0.379**	0.327**	0.298**	0.707**				
FW	-0.099	0.381**	0.307**	0.353**	0.471**	-0.088	-0.173	-0.096	-0.140			
DW	-0.168	0.386**	0.327**	0.381**	0.355**	-0.124	-0.200	-0.024	-0.084	0.928**		
PH	-0.310**	0.132	0.277**	0.252*	0.210*	-0.095	-0.124	0.123	-0.005	0.534**	0.530**	
LN	0.195	-0.093	-0.086	0.071	0.074	-0.116	0.059	-0.127	-0.149	0.051	-0.049	0.167

* ve ** Korelasyon 0.05 ve 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 11'in incelenmesinden de görüleceği gibi bitki besin elementlerinin toprak çözeltisinde bitkiye alım sürecinde beklenen muhtemel antagonistik veya sinerjistik etkiler korelasyon tablosunda benzer durumları yansıtmaktadır. Örneğin fosfor ve azot beslenmesi bitkilerde muhtemel antagonistik etkilere yol açmazken, artı değerlikli katyonların (Ca, Mg, Na, K) aralarında interaksiyonun antagonistik etkileşimi olasıdır.

Sonuç ve Öneriler

Araştırma konusu toprakların %50'sinin killi tın, %10'unun siltli killi ve %40'ünün killi olduğu pH'ların 6.60-6.96 arasında değişmekte, ortalama 6.79 olup tamamı nötr reaksiyona sahiptir. Toprak örneklerinin tamamının kireç içerikleri ise %1.85-5.13 arasında değişmekte, ortalama %3.13 olup tamamı kireçli, organik madde içerikleri ise %1.60-3.34 arasında değişmekte, ortalama %2.62 olup %10'u az, %60'ı orta ve %30'u iyi olarak bulunmuştur. Tamamının EC içerikleri ise 122-237 dS m⁻¹ arasında değişmekte, ortalama 169 dS m⁻¹ olup %30'u hafif tuzlu ve %70'i orta tuzludur. KDK içerikleri 17.00-24.63 me/100 g arasında değişmekte ortalama 20.61 me/100 g'dır. Azot içeriği %0.73-1.92, fosfor içeriği %0.087-0.102, kalsiyum içeriği %0.089-0.290, magnezyum %0.131-0.952 ve sodyum ise %0.016-0.146 arasında değişmektedir.

Bu çalışmada gerek bitki gelişmesi gerekse mineral içerik üzerindeki olumlu etkileri söz konusu olsa da öncelikli olarak verilmek istenen mesaj, kullanılan vermikompost gübrenin bütün analizleri dikkatle yapılmalıdır. Nitekim organik madde içeriği ile toprağa kazandırılan besin elementleri ve olası toprak özelliklerini iyileştirme etkisi kısa vadede olumlu gelişmelerle verim artışı sağlasa da uzun vadede örneğin bu çalışmada olduğu gibi kullanılan vermikompostun tuz içeriğinin kümülatif olarak toprak tuzluluğunu artırabileceği de gözden kaçırılmamalıdır.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma MYO.19.004 kodlu ve "Ağrı Eleşkirt Yöresinde Şekerpancarı (*Beta vulgaris sacchariferae* L.) Yetiştirilmekte Olan Tarım Topraklarına Vermikompost Uygulamasının Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Verim ve Bitki Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi" isimli Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi BAP projesinden desteklenmiştir. Katkılarından dolayı AİCÜ BAP Birimine teşekkür ederiz.

Yazar Katkısı

Tülay Dizikisa, toprak örneklerinin alınması analize hazırlanması, solucan gübre uygulama ve sera denemesini takip, hasat, bitki analize hazırlık, bitki analizleri, makale yazımına katkı. Nesrin Yıldız, toprak fiziksel (tekstür) ve kimyasal analizleri (pH, kireç, organik madde, toplam azot, fosfor, bitki analize hazırlık, bitki azot ve fosfor analizleri yorumlama, makale yazımına katkı. Kadriye Uruç Parlak, sera denemesi takip, makale rapor etme katkı.

Etik


Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Tülay Dizikisa  <https://orcid.org/0000-0001-9322-8159>

Nesrin Yıldız  <https://orcid.org/0000-0002-8179-6228>

Kadriye Uruç Parlak  <https://orcid.org/0000-0002-1474-1868>

Kaynaklar

- Adiloğlu, A., Eryılmaz, A. F., Adiloğlu, S. ve Solmaz, Y. (2015). Akuakültür atığı ve solucan gübresi uygulamalarının salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) bitkisinin verim, bazı bitki besin elementi içeriği ile bazı agronomik özellikleri üzerine etkisi (No: NKUBAP.00.24.AR.15.11). Namık Kemal Üniversitesi Araştırma Projesi.
- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K. P. ve Jones, D. L. (2007). Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology*, 43, 316-319. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.045>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R. ve Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bio Resource Technology*, 93, 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.015>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A. ve Bierman P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: part 2. effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97(6), 831-840, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016>
- Azarmi, R., Giglou, M. T. ve Talesmikail, R. D. (2008). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) field. *African Journal of Biotechnology*, 7(14), 2397-2401. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016>
- Atalay, İ. (1994). *Türkiye vejetasyon coğrafyası*. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Atiyeh, R. A., Dominguez, J., Subler, S. ve Edwards, C. A. (2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling. *Growth Pedobiologia*, 44(6), 709-724. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70084-0](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70084-0)
- Aydemir, O. (1992). *Bitki besleme ve toprak verimliliği*. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Bellitürk, K. (2016). Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermicompost teknolojisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 1-5. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/331147>

- Bremner, J. M. ve Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen total. *Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties second edition* (s. 597-622) içinde. American Society of Agronomy.
- Dönmez, Y. (1984). *Umumi klimatoloji ve iklim çalışmaları* (No: 2506). İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Edwards, C. A. (1995). Commercial and environmental potential of vermicomposting. *BioCycle*, 62-63.
- Edwards, C. A. ve Bohlen, P.J. (1996). *Biology and ecology of earthworms*. Chapman and Hall.
- Ergene, A. (1987). *Toprak biliminin esasları* (No: 635). Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- FAO. (1990). Micronutrient. *Assessment at the country level an international study*. FAO Soils Bulletin.
- Follet, R. H. (1969). *Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado soils*. [Doktora Tezi]. Colorado State University.
- Gee, G. W. ve Hortage, K. H. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods second edition* (s. 383-441) içinde. Agronomy.
- Hashemimajid, K., Kalbasi, M., Golchin, A. ve Shariatmadari, H. (2004). Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1107-1123. <https://doi.org/10.1081/PLN-120037538>
- Jackson, M. L. (1962). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Inc.
- Jahan, F. N., Shahjalal, A. T. M., Paul, A. K., Mehraj, H. ve Uddin, A. F. M. J. (2014). Efficacy of vermicompost and conventional compost on growth and yield of cauliflower. *Bangladesh Research Publications Journal*, 10(1), 33-38. <https://ssrn.com/abstract=3589239>
- Kacar, B., ve Kovancı, İ. (1982). *Bitki, toprak ve gübrelerde kimyasal fosfor analizleri ve sonuçlarının değerlendirilmesi* (No: 354). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Kacar, B. ve Katkat, V. (2007). *Bitki besleme*. Nobel Yayınları.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2010). *Bitki analizleri*. Nobel Yayınevi.
- Kale, D. R. (9-11 October, 1996) Earthworms the significant contributors to organic farming and sustainable agriculture. *Proceedings of the national seminar on organic farming and sustainable agriculture*, 5-57 Bangalore, India.
- Karaçal, İ. ve Tüfekçi, Ş. (11-15 Ocak, 2010). Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 257-268, Ankara, Türkiye. https://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/fc64354454711c9_ek.pdf
- Karnez, E., Göldoğan, Ö., Ercan, N., Korkmaz, K., ve Aysan, Y. (2021). Domateste bakteriyel benek hastalığının mücadelesinde vermicompost uygulamasının etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 726-735. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.986521>
- Kaviraj ve Sharma, S. (2003). Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. *Bioresource Technology*, 90, 169-173. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00123-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00123-8)
- Kumari, M. S. S. ve Ushakumari, K. (2002). Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Tropical Agriculture*, 40, 27-30, <http://www.jtropag.kau.in/index.php/ojs2/article/viewFile/70/70>
- Küçükçumuk, Z., Gültekin, M. ve Erdal, İ. (2014). Vermikompost ve mikorizanın biber bitkisinin gelişimi ile mineral beslenmesi üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 51-58, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/308668>

- Lindsay, W. L. ve Norwell, W. A. (1969). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 33, 49-54. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Maltaş, A. Ş., Tavalı, İ. E., Uz, İ. ve Kaplan, M. (2017). Kırmızı baş lahanası (Brassica oleracea var. capitata f. rubra) yetiştiriciliğinde vermikompost uygulaması. *Mediterranean Agric Sci*, 30(2), 155-161, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/333270>
- Nath, G. ve Singh, K. (2011). Role of vermikompost as bi-ofertilizer for the productivity of cauliflower (brassica oleracea) and biopesticides against nematode (Meloidogyne incognita). *World Applied Sciences Journal*, 12(10), 1676-1684. [https://www.idosi.org/wasj/wasj12\(10\)/3.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj12(10)/3.pdf)
- Nelson, D. W. ve Sommers, L. E. (1982). Organic matter. *Methods of soil analysis part 2: Chemical and microbiological properties second edition* (s. 574-579) içinde. Agronomy.
- Nelson, R. E. (1982). Carbonate and gypsum. *Methods of soil analysis part 2: Chemical and microbiological properties second edition* (s. 191-197) içinde. Agronomy.
- Olsen, S. R. ve Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. *Methods of soil analysis part 2: Chemical and microbiological properties second edition* (s. 403-427) içinde. Agronomy.
- Peyvast, G., Olfati, J. A., Madeni, S. ve Forghani, A. (2008). Effect of vermikompost on the growth and yield of spinach (Spinacia oleracea L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(1), 110-113, <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/730485>
- Rhoades, J. D (1982a). Cation exchange capacity. *Methods of soil analysis part 2: Chemical and microbiological properties second edition* (s. 149-157) içinde. Agronomy.
- Rhoades, J. D. (1982b). Exchangeable cations. *Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties second edition* (s. 159-164) içinde. Agronomy.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. US Department of Agriculture.
- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. ve Patil, R. T. (2008). Vermikompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch). *Bioresource Technology*, 99, 8507-8511. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.034>
- Solmaz, R., Salcı, A., Yüksel, H., Doğrubas, M. ve Kardaş, G. (2017). Preparation and characterization of Pd-modified Raney-type NiZn coatings and their application for alkaline water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(4), 2464-2475. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.07.221>
- Tavalı, İ. E., Maltaş, A. Ş., UZ, İ. ve Kaplan, M. (2013). Karnabaharın (Brassica oleracea var. Botrytis) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermikompostun etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 115-120, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/17967>
- Tavalı, İ. E., Maltaş, A. Ş., UZ, İ. ve Kaplan, M. (2014). Vermikompostun beyaz baş lahananın (Brassica oleracea var. Alba) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 61-67, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/234014>
- Uma, B. ve Malathi, M. (2009). Vermikompost as a soil supplement to improve growth and yield of amaranthus species. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 5, 1054-1060, <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/rjabs/rjabs/2009/1054-1060.pdf>
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N. (1974). *Türkiye gübre ve gübreleme rehberi* (No. 28). Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınları.

- Werner, M. (1997). Earthworm team up with yard trimmings in orchards. *Biocycle*, 38(6), 64-65. <https://p2infohouse.org/ref/39/38303.pdf>
- Wolf, B. (1971). The Determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2, 363-374. <https://doi.org/10.1080/00103627109366326>
- Yang, L., Li, T., Li, F., Lemcoff, J. H. ve Cohen, S. (2008). Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field. *Scientia Horticulturae*, 116, 21-26. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.11.001>
- Yıldız, M., Gürkan, M. O., Turgut, C., Kaya, Ü. ve Ünal, G. (2005). *Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları* [Sözlü sunum]. VI. Teknik Tarım Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Yıldız, N. (2012). *Bitki beslemenin esasları ve bitkilerde beslenme bozukluğu belirtileri*. Eser Ofset Matbaacılık.
- Yourtchi, M. S., Hadi, M. H. S. ve Darzi, M. T. (2013). Effect of nitrogen fertilizier and vermicompost on vegetative growth, yield and npk uptake by tuber of potato (Agria cv.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(18), 2033-2040. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133304375>
- Yurtsever, N. (1974). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılan olsen metodunun kalibrasyonu ve buğday bitkisine verilecek ekonomik gübre miktarları üzerinde bir araştırma* (No: 49). Köy İşleri Bakanlığı, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Determination of Egg Consumption Behaviors of Consumers in Bursa Province

Özlem Berber¹ , Sezai Alkan¹ 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 29.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 19.06.2022

Abstract

In this study, it is aimed to determine the egg consumption behaviors of consumers in Bursa. For this purpose, data obtained from face-to-face surveys with 460 people determined by simple random sampling from citizens residing in Bursa province in 2021 were used. It was revealed that 30% of families consume 10-15 eggs, 27% consume 20 or more eggs, 25.7% consume 15-20 eggs, and 17% consume 5-10 eggs per week. In the research, 47% of consumers preferred medium and 47% large eggs. At the same time, 55% of the consumers stated that the packaging style affects their purchasing preferences, whereas 45% stated that it did not. In the research, 31.3% of the consumers stated that they preferred brown-shelled eggs and 22.6% of them preferred white-shelled eggs. On the other hand, it was determined that the color of the eggshell was not effective in the purchasing preference of 46.1% of the consumers. Also, 69.6% of consumers stated that the color of egg yolk was effective in their preferences and 72.4% of them stated that they preferred dark yolk eggs. While 57% of consumers stated that covid-19 cases did not affect egg consumption, 26.1% stated that egg consumption increased.

Keywords: egg, surveys, consumer behaviors, Bursa province

Bursa İlindeki Tüketicilerin Yumurta Tüketim Davranışlarının Belirlenmesi

Öz

Bu çalışmada, Bursa ilindeki tüketicilerin yumurta tüketim davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 2021 yılında Bursa ilinde ikamet eden vatandaşlardan basit tesadüfi örnekleme yoluyla belirlenen 460 kişi ile yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Ailelerin %30'unda haftada 10-15 adet, %27'sinde 20 ve üstü adet, %25,7'sinde 15-20 adet ve %17'sinde 5-10 adet yumurta tüketildiği belirlenmiştir. Araştırmada tüketicilerin %47'si orta ve %47'si de büyük yumurtaları tercih etmiştir. Tüketicilerin %55'i ambalaj şeklinin satın alma tercihlerini etkilediğini, buna karşın %45'i etkilemediğini belirtmiştir. Araştırmada, tüketicilerin %31,3'ü kahverengi kabuklu yumurtaları ve %22,6'sı da beyaz kabuklu yumurtaları tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Buna karşın, tüketicilerin %46,1'inin satın alma tercihinde yumurta kabuk renginin etkili olmadığı belirlenmiştir. Tüketicilerin %69,6'sı yumurta sarısı renginin tercihlerinde etkili olduğunu ve %72,4'ü de koyu sarılı yumurtaları tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Tüketicilerin %57'si Covid-19 vakalarının yumurta tüketimini etkilemediğini belirtirken, %26,1'i yumurta tüketimini arttığını belirtmiştir.

Anahtar Kelimeler: yumurta, anket, tüketici davranışı, Bursa ili

Introduction

Due to the rapid increase in the world population, the need for animal and plant-based nutrients has increased. Meeting this need can only be achieved by increasing animal and plant-based nutrients. An increase in agricultural production can only be possible by increasing the product obtained from the unit area or from the unit animal. It can be said that consumption of plant origin nutrients is sufficient in Turkey, however, the consumption of animal origin food is not sufficient.

Today, there are still many people in the world who cannot be fed in a balanced way, especially those who suffer from animal origin protein deficiency. For a person to have an adequate and balanced diet, at least 35-40% of the protein taken into the body must be met by protein of animal origin because proteins of animal origin contain essential amino acids required for human beings in a sufficient and balanced way. At the same time, the digestibility of these proteins by humans and their usefulness to the body are superior and of higher biological value than proteins of vegetable origin. Consumption of food of animal origin in Turkey is 3-5 times less than in European Union countries and 8-10 times less than in the United States of America (Yılmaz et al., 2012).

In 2018, there were 1080 commercial enterprises, 3.211 poultry houses and 124.055 million hens in Turkey (Tuik, 2018). After the 1980s, the contracted production model started in the poultry sector in Turkey. Today, the poultry industry both meets Turkey's egg and chicken meat needs and has become able to contribute to the country's economy by exporting these nutrients (Çiçekgil, 2018).

Egg consumption per person was 333 in Japan, 307 in China, 305 in Russia, 280 in Argentina, 277 in the United States of America and 230 in Germany in 2019. In Turkey, per person egg consumption, which was 113 eggs/year in 1997, increased to 214 eggs/year in 2017 (Tuik, 2018; Yumurta Üreticileri Merkez Birliği, 2017).

There are 107 poultry houses and 6.139.251 laying hens in 30 closed commercial enterprises in Bursa, where the study was conducted. Again, there are 29 hen houses and 54.540 laying hens in 29 open commercial enterprises, while there are 50 hen houses and 772.000 laying hens in 10 breeding enterprises (Tuik, 2018).

Knowing the purchasing behaviors of consumers regarding eggs, which has an important place in human nutrition, is very important in terms of determining breeding and feeding models in poultry and developing new strategies. In this study, it was aimed to determine the egg consumption behaviors of consumers in Bursa. The fact that such a study has not been carried out in Bursa is also important in terms of the originality of the study.

Materials and Methods

Materials

In this study, face-to-face interviews were used as data collection methods and surveys were used as data collection tools. The surveys were conducted in Bursa between January and June 2021.

Methods

Study Population and Sampling

The scope of the study consisted of citizens residing in the province of Bursa in 2021. In this study, surveys were conducted with a total of 460 people determined by simple random sampling. The equation used is given below (Akbaş et al., 2007).

$$n = (t^2 * p * q) / d^2$$

n: Sample size

t₂ = Confidence coefficient (this coefficient was taken as 1.96 for 95% confidence)

p = Ratio value of the population (0.50)

$q=1-p =0,50$

d_2 = Accepted sampling error.

Statistical analysis

The frequency values (n and %) of the answers given by the consumers were calculated. All calculations were made with SPSS statistical package program.

Results and Discussion

Demographic Characteristics of Participants

In this study, 45.9% of the participants were male, 54.1% were female. At the same time, 37.6% of the families consisted of 4 people and 31.1% of them consisted of 3 people. The average household size was determined as 3.59 peoples. It was determined that 62.9% of the participants were between 35-54 age and 68.7% of them were employees, while 18% of the unemployed were housewives. While 5.2% of the participants were primary school graduates, 6.7% were secondary school graduates, 22.8% were high school graduates and 65.2% were university graduates. In the research, 28.7% of the participants were civil servants, 4.1% were students, 9.8% were workers, 8.3% were self-employment 6.3% were retired and 6.3% were other occupational groups. It was determined that 71.3% of the participants owned a house and 80.2% lived in an apartment. While 28% of the participants stated that they had an income between 3501-5500 TL, 53% stated that they had 5500 TL or more per month. It has been determined that the monthly food expenditure of 53.6% of the participants was between 1001-2500 TL. Frequency values (n and %) related to demographic characteristics of the participants are given in Table 1.

Table 1. Demographic Characteristics of The Participants

Demographic Characteristics	Options	Frequency	
		n	%
Participants' Gender	Female	249	54,1
	Male	211	45,9
	Total	460	100
Participants' Age (year)	Between 18-24	29	6,3
	Between 25-34	97	21,1
	Between 35-44	176	38,3
	Between 45-54	113	24,6
	Between 55-64	40	8,7
	65+	5	1,1
	Total	460	100,0
Educational Status of the Participants	Primary school	24	5,2
	Secondary school	31	6,7
	High school	105	22,8
	University	300	65,2
	Total	460	100,0
Occupation of the Participants	Worker	45	9,8
	Civil servant	132	28,7
	Self-employment	38	8,3
	Retired	29	6,3
	Unemployed	4	0,9
	Housewife	80	17,4
	Student	19	4,1
	Tradesmen	29	6,3
	Other	84	18,3
	Total	460	100,0
Employment Status of the Participants	Yes	316	68,7
	No	144	31,3
	Total	460	100,0
Ownership Status of the House	Homeowner	328	71,3
	Tenant	132	28,7
	Total	460	100,0
Type of House	Apartment	369	80,2
	Single house	91	19,8
	Total	460	100,0
Number of People in the Household	1	15	3,3
	2	49	10,7
	3	143	31,1
	4	173	37,6
	5	62	13,5
	6+	18	3,9
	Total	460	100,0
Participants' Total Monthly Income (TL)	Minimum wage or less	33	7,2
	Between 2825-3500	55	12,0
	Between 3501-4500	63	13,7
	Between 4501-5500	65	14,1
	5500 and above	244	53,0
	Total	460	100,0
Participants' Monthly Food Expenditure Amount (TL)	Between 250-500	14	3,0
	Between 501-750	46	10,0
	Between 751-1000	49	10,7
	Between 1001-1500	90	19,6
	Between 1501-2000	84	18,3
	Between 2001-2500	72	15,7
	Between 2501-3000	46	10,0
	3001 and above	59	12,8
	Total	460	100,0

Egg Consumption Behaviors of Participants

The frequency values (n and %) of the participants' egg consumption behaviors are given in Table 2.

No	Questions	Options	Frequency	
			n	%
1	Do you consume eggs?	Yes	453	98,5
		No	7	1,5
		Total	460	100,0
2	How many eggs are consumed in a week in your household?	Don't consume	2	0,4
		Between 5-10	78	17,0
		Between 10-15	138	30,0
		Between 15-20	118	25,7
		20 and above	124	27,0
		Total	460	100,0
3	Where do you buy the eggs?	Market	268	58,3
		Grocery store	14	3,0
		Bazaar	90	19,6
		Producer	83	18,0
		Own production	5	1,1
		Total	460	100,0
4	Which production system do you prefer for eggs produced?	Cage	59	12,8
		Free-range system	107	23,3
		Organic system	101	22,0
		Village egg	193	42,0
		Total	460	100,0
5	Which shell color do you prefer for eggs?	White	104	22,6
		Brown	144	31,3
		It does not matter	212	46,1
		Total	460	100,0
6	Which size egg do you prefer?	Small	12	2,6
		Middle	216	47,0
		Large	216	47,0
		Extra large	16	3,5
7	Does the color of egg yolk affect your preference?	Total	460	100,0
		Yes	320	69,6
		No	140	30,4
8	Which yolk color do you prefer in the egg?	Light yolk	127	27,6
		Dark yolk	333	72,4
		Total	460	100,0
9	Does the shape or appearance of the egg packaging affect your purchasing preference?	Yes	253	55,0
		No	207	45,0
		Total	460	100,0
10	Which egg packaging do you prefer?	Open viol	49	10,7
		Covered with gelatin viol	95	20,7
		Closed cardboard viol	277	60,2
		Covered with plastic viol	39	8,5
		Total	460	100,0
11	What form of presentation do you buy on the egg?	Package with 6 eggs	8	1,7
		Package with 10 eggs	42	9,1
		Package with 15 eggs	220	47,8
		Package with 30 eggs	190	41,3
		Total	460	100,0
12	Where do you buy organic or free-range eggs?	From supermarket	147	32,0
		From selling organic products markets	104	22,6
		Produces itself	42	9,1
		From bazaars	167	36,3
12	What do you pay attention to eggs produced in organic or free-range system?	Total	460	100,0
		Label	165	35,9
		Logo	55	12,0

13		Packaging	46	10,0
		Appearance	194	42,2
		Total	460	100,0
		10%	122	26,5
		20%	127	27,6
		30%	63	13,7
		50%	57	12,4
		100%	12	2,6
14	How much more money can you pay for an organic or free-range system egg than other eggs?	Don't pay more	79	17,2
		Total	460	100,0
		Every day	19	4,1
		Once a week	319	69,3
		Twice a week	60	13,0
15	What is the frequency of your egg purchasing?	Twice a month	62	13,5
		Total	460	100,0
		In oil-omelet etc.	189	41,1
		Boiled, soft-boiled	232	50,4
16	How is egg consumed the most in your household?	In Cakes, Patty	37	8,0
		At meals	2	,4
		Total	460	100,0
		Increased my egg consumption	120	26,1
		Reduced my egg consumption	15	3,3
		Did not affect my egg consumption	262	57,0
17	Have the cases of covid-19 affected your egg consumption habits?	I have no idea	63	13,7
		Total	460	100,0
		Influences positively	48	10,4
		Influences negatively	162	35,2
		Don't affect	174	37,8
18	What kind of changes may occur in your egg consumption in case of a possible economic recession if the pandemic process is prolonged?	I have no idea	76	16,5
		Total	460	100,0
		Yes	23	5,0
		No	403	87,6
19	Has there been any changes in your preference for the egg mark you bought during the pandemic process?	I have no idea	34	7,4
		Total	460	100,0
		Yes	28	6,1
		No	348	75,7
20	Has there been any changes in your preferred egg production system during the pandemic process?	I have no idea	84	18,3
		Total	460	100,0

As seen in Table 2, it was determined that 98.5% of the consumers consumed eggs in their households and 58.3% of them obtained the eggs from the supermarket. It has been determined that the after the market most preferred egg supply way was the farmers market (19.6%) and the producer (18%), respectively. In this study, the finding that 98.5% of the consumers consumed egg in their households was found similar to the reported values by Cevger et al. (2008), Mızrak et al. (2012), İskender and Kanbay (2014), Alkan and Derebaşı (2018), and Aytıp and Işık (2020). In the research, it was thought that the main reason for the preference of the market as a place of supply for eggs (58.3%) was the fact that the markets were more dominant and more accessible as a place of food supply. The finding that the egg supply place was a market in this research was parallel to the reported values by Erdoğan (2013), Mızrak et al. (2012), İskender and Kanbay (2014), and Aytıp and Işık (2020). In contrast, Altan et al. (1993), and Alkan and Derebaşı (2018) reported different finding from our results in terms of egg purchasing place. Consumers were asked "*how many eggs are consumed per week in your household*", and 30% of the consumers stated that they consumed 10-15 eggs, 27% of consumers 20 or more eggs, 25.7% of consumers 15-20 eggs and 17% of consumers 5-10 eggs per week in their household.

It was determined that 42% of the consumers preferred village eggs, 45.3% consumers preferred eggs produced in the organic and free-range system, and 12.8% consumers preferred eggs produced in the cage system. It is thought that consumers most likely perceive village eggs as eggs obtained from hens that can roam freely outside the cage system. In this study, a result of consumers'

preference for village eggs was found different from the reported findings by Bejaei et al. (2011), Durmuş et al. (2007) and Mızrak et al. (2012), but it was similar to the result of reported by İskender and Kanbay (2014).

In the research, 31.3% of the consumers reported that they preferred the brown shell-colored eggs and 22.6% of the consumers preferred the white shell-colored ones. On the other hand, 46.1% of consumers stated that the color of the eggshell was not effective in their purchasing preferences, and they said that they bought both. There is no relationship between the eggshell color and the nutrient content of the egg. However, as in this study, it was reported in some studies that consumers generally prefer brown shelled eggs (Durmuş et al., 2007; İskender and Kanbay, 2014). The reason for these behaviors is thought to be due to the fact that consumers find brown shelled eggs more robust and that this color was more attractive. In this study, we determined that 47% of consumers prefer medium (47%) and large (47%) large eggs. These finding was found to be similar to the results reported by İskender and Kanbay (2014), and Alkan and Derebaşı (2018). Again, Durmus et al. (2007) reported that 49.68% of consumers prefer large eggs and 47.77% consumers prefer medium sized eggs.

In the research, 69.6% of consumers stated that the color of egg yolk was effective in their preferences and 72.4% of them stated that they preferred dark yolk eggs. This result was found to be different from the results of reported by Durmuş et al. (2007) and, İskender and Kanbay (2014). Again, in the study conducted by Alkan and Derebaşı (2018), 75.26% of consumers stated that the color of egg yolk was effective in their preferences and 78.55% of them preferred dark yolk eggs. The preference for dark yolk eggs is thought to be due to the belief among the consumers that dark yolk eggs are tastier and have higher nutritional values, although this belief is not true.

In recent years, eggs have been offered for sale in different shapes and packaging. In the research, 55% of the consumers stated that the packaging style affects their egg purchasing behaviors, whereas 45% did not. Again, it was determined that 60.2% of the consumers preferred the closed cardboard viol as their packaging preference, followed by the covered with gelatin viol (20.7%). It is thought that the closed cardboard viol is preferred because it opens easily and allows the eggs to be physically controlled, and the covered with gelatin viol is preferred because it allows the egg to be seen with the eye. In this study, 55% of the consumers stated that the packaging shape and appearance of the egg affect their purchasing behaviors. This finding was found to be similar to the results reported by Durmuş et al. (2007), and Mızrak et al. (2012). At the same time, in the research, the result that 60.2% of consumers prefer closed cardboard viols showed similarity with the result of Alkan and Derebaşı (2018) that 48.84% of consumers prefer closed cardboard viols.

In the research, it was determined that 47.8% of the consumers preferred the 15 eggs presentation style and 41.3% preferred the 30 eggs presentation style. While this result was found to be different from the result reported by Durmuş et al. (2007), it was completely similar to the result reported by Alkan and Derebaşı (2018) that 47.80% of the consumers preferred the 15-egg presentation style.

36.3% of consumers stated that they buy the eggs that produced in organic or free-range system from the market, 32% from the supermarkets, and 22.6% from the markets that sell organic products. At the same time, when purchasing organic or free-range eggs, 42.2% of the consumers stated that they bought the egg by looking at the appearance, 35.9% by looking at the label of the egg, and 12% by looking at the logo of the egg. Goddart et al. (2007) reported that elderly consumers were not interested in eggs that produced in organic and free-range system, but they were more interested in functional eggs. Bejaei et al. (2011) reported that consumers think that eggs produced in the free-range system or organic system have more nutritional value than the eggs produced in the cage system, and that the consumption preference of the eggs produced in the cage system is decreasing day by day, mostly due to animal welfare concerns.

For organic eggs, 27.6% of consumers stated that they could pay 20% more, 26.5% consumers as 10% more, 13.7% consumers as 30% more, 12.4% consumers as 50% more and 2.6% consumers as 100%

more. On the other hand, 17.2% of consumers stated that they do not want to pay more in by no means. It was concluded that only 17.2% of the consumers determined in this study did not want to pay more similar to the result reported by Mızrak et al. (2012). This was also parallel with the findings in some studies (Goddart et al., 2007; Gracia et al., 2014; Mesias et al., 2011) that consumers are willing to pay more for organic eggs. However, Durmuş et al. (2007) stated that 60% of consumers did not want to overpay for organic eggs. Also, it has been determined that 69.3% of consumers buy eggs once a week. This result was similar to the result reported by Alkan and Derebaşı (2018), that 66.49% of consumers buy eggs once a week. In the study, 50.4% of the consumers reported that they consumed eggs as boiled and soft-boiled eggs for breakfast, and 41.1% of the consumers as omelet in oil. These results were similar to the results of 63.5% of the consumers reported by Çelik and Şengül (2001), consume boiled and oiled egg for breakfast in the morning. However, this result was different from the values reported in some studies in the literature (Alkan, & Derebaşı, 2018; Durmuş et. al., 2007; Mızrak et. al., 2012).

Conclusion

Epidemics are health events with global affects that cause changes in the economy, education system, management systems and lifestyle in the world. In addition, looking at the epidemics in history, it has been the cause of new developments in many subjects, from nutrition to architecture and the collapse of states. We can easily say that not only education, working methods, social relationship and consumption preferences, but also eating habits or behaviors have changed during the coronavirus epidemic. Adequate and balanced nutrition is the most important part of a healthy life. "Nutrition therapy" is recommended for the cure of many diseases, including acute, chronic, and infectious diseases. For this reason, it is very important to pay attention to the principles of healthy nutrition in normal times as in quarantine periods. In the process of epidemics, not only sick individuals, but also healthy individuals, especially to support their immune systems, need to be fed adequately and balanced. Eggs, which are sources of animal protein, have a very important place in the adequate and balanced nutrition of people during epidemics or normal periods. For this reason, all necessary conditions should be fulfilled for people to consume enough eggs and this situation should be handled as a state policy in Turkey. It should not be forgotten that healthy societies only consist of healthy people.

Author Contribution

Özlem Berber, collected and analyzed data. *Sezai Alkan*, supervised data collection and analysis and was responsible from all stages of manuscript preparation.

Ethic

There are no ethical issues with the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors state that there is no conflict of interest.

ORCID

Özlem Berber  <https://orcid.org/0000-0003-3588-1496>

Sezai Alkan  <https://orcid.org/0000-0003-0601-0122>

References

- Akbay, C., Tiryaki, G., & Gül, A. (2007). Consumer characteristics influencing fast food consumption in Turkey. *Food Control*, 18, 904- 913. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.05.007>
- Alkan, S., & Derebaşı, S. (2018). Ordu ilinde yumurta tüketim bilincinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(2), 237-244. <https://doi.org/10.29278/azd.482068>
- Altan, Ö., Yalçın, S., & Koçak, Ç. (1993). Toplumun değişik kesimlerinde yumurta tüketim alışkanlığı ve tüketimi etkileyen etmenler. *Uluslararası Tavukçuluk Kongresi 93*, 178-194. Bilimsel Tavukçuluk Derneği. <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/11514>
- Altan, Ö. (2015). *Yumurta oluşumu, kalitesi ve biyoaktif komponentleri*. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Aytop, Y., & Işık, F. (2020). Gaziantep ilindeki tüketicilerin yumurta tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 269-275. <https://doi.org/10.30910/turkjans.680088>
- Bejaei, M., Wiseman, K., & Cheng, K. M. (2011). Influences of demographic characteristics, attitudes and preferences of consumers on table egg consumption in British Columbia, Canada. *Poultry Science*, 90(5), 1088-1095. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01129>
- Cevger, Y., Aral, Y., Demir, P., & Sarıözkan, S. (2008). Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi intern öğrencilerinde hayvansal ürünlerin tüketim durumu ve tüketici tercihleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55, 189-194. <https://search.trdizin.gov.tr/yayin/detay/79064/>
- Çelik, Y., & Şengül, T. (2001). Şanlıurfa ili kentsel alanında tüketicilerin yumurta tüketim düzeyleri ve tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Hayvansal Üretim*, 42(2), 53-62. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/85196>
- Çiçekgil, Z. (2018). Kümes hayvancılığı durumu ve tahmini (Yayın no. 307). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). Retrieved February 13, 2020 from <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/53/Yayin-Arsivi>
- Durmuş, İ., Demirtaş, S. E., Can, M., & Kalebaşı, S. (2007). Ankara ilinde yumurta tüketim alışkanlığının belirlenmesi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 7(1), 42- 45. <https://web.archive.org/web/20200213081022id/http://www.turkishpoultryscience.com:80/tr/download/article-file/419824>
- Erdoğan, N. (2013). *Hayvansal gıdaların tüketim düzeyi ve tüketici tercihlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma* [Master dissertation]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Goddard, E., Boxall, P., Emunu, J.P., Boyd, C., Asselin, A., & Neall, A. (2007). *Consumer attitudes, willingness to pay and revealed preferences for different egg production attributes: Analysis of Canadian Egg Consumers*. Department of Rural Economy, University of Alberta Project Report #07-03, <https://doi.org/10.22004/ag.econ.52087>
- Gracia, A., Barreiro-Hurlé, J., & Lopez- Galan, B. (2014). Are local and organic claims complements or substitutes? A consumer preferences study for eggs. *Journal of Agricultural Economics*, 65(1), 49-67. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12036>
- İskender, H., & Kanbay, Y. (2014). Üniversite öğrencilerinin yumurta tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(3), 57-62. <https://dergipark.org.tr/en/pub/vanvetj/issue/38073/439639>
- Mesias, F.J., Martínez-Carrasco, F., Martínez, J. M., & Gaspar, P. (2011). Functional and organic eggs as an alternative to conventional production: A Conjoint Analysis of Consumers. *J Sci Food Agric.*, 91(3), 532-538. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4217>

- Mızrak, C., Durmuş, İ., Kamanlı, S., Erdoğan Demirtaş, Ş., Kalebaşı, Karademir, E., & Doğu, M. (2012). Determination of egg consumption and consumer habits in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 36(6), 592-601. <https://doi.org/10.3906/vet-1102-778>
- Tuik (2018). Hayvancılık. Retrieved February 13, 2020 from <https://data.tuik.gov.tr/>
- Türkoğlu, M., & Sarıca, M. (2009). *Tavukçuluk bilimi: Yetiştirme, besleme ve hastalıklar*. Bey Ofset Matbaacılık.
- Yılmaz, E., Oraman, Y., & İnan, İ. H. (2009). Gıda ürünlerine ilişkin tüketici davranışı dinamiklerinin belirlenmesi: Trakya Örneği. *Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 1-10. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jotaf/issue/19049/201465>
- Yumurta Üreticileri Merkez Birliği (2017). Yumurta tavukçuluğu verileri. Retrieved February 13, 2020 from <https://www.yum-bir.org/UserFiles/File/yumurta-veriler2017web.pdf>

Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinde Çimlenme ve Tohum Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Ferda Özkorkmaz¹ , Fatih Öner¹ 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 11.07.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 03.10.2022

Öz

Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Laboratuvarında 2022 yılında yürütülen bu çalışmada tuz stresi altındaki arpa çeşitlerinde salisilik asit uygulamalarının çimlenme ve tohum özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitki materyali olarak 3 farklı arpa çeşidi (Larende, Beyşehir, Kral) kullanılmıştır. Dört farklı tuz konsantrasyonu (0-50-100-150 mM) ve dört farklı salisilik asit konsantrasyonu (0-0.25-0.5-1 mM) arpa tohumlarına uygulanmıştır. Araştırma, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Araştırmada çimlenme oranı (%), çimlenme süresi (gün), toplam yaş ve kuru ağırlık (g), radikula yaş ve kuru ağırlığı (g), koleoptil yaş ve kuru ağırlığı (g), radikula uzunluk (mm) ve koleoptil uzunluk (mm) değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda tüm uygulamalarda en iyi sonuç veren çeşitler Larende ve Beyşehir arpa çeşitleri olmuştur. Tuz dozlarının artmasıyla birlikte hemen hemen incelenen tüm parametrelerde olumsuz yönde değişiklikler meydana gelmiş, salisilik asit uygulamalarıyla bu olumsuz değişiklikler tamamen ortadan kaldırılamasa da etkileri azaltılmıştır. Tuzun özellikle 150 mM dozu en kritik değişikliklerin meydana geldiği tuz dozu olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: arpa, çimlenme, salisilik asit, tuz stresi

Determination of the Effects of Salicylic Acid Treatments on Germination and Seed Properties of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars under Salt Stress

Abstract

In this study, which was carried out in laboratory of department of Field Crops of Ordu University Faculty of Agriculture in 2022, it was aimed to determine the effects of salicylic acid applications on germination and seed characteristics of barley varieties under different salt stress. Three different barley varieties (Larende, Beyşehir, Kral) were used as plant material. Four different salt concentrations (0-50-100-150 mM) and four different salicylic acid concentrations (0-0.25-0.5-1 mM) were applied to barley seeds. The experiment was established the factorial design in randomized plots with 3 replications In the study, germination rate (%), germination time (days), total fresh and dry weight (g), radicular fresh and dry weight (g), coleoptile fresh and dry weight (g), radicular length (mm) and coleoptile length (mm) values were calculated. As a result of the study, Larende and Beyşehir barley cultivars were the varieties that gave the best results in all applications. Negative changes occurred in almost all the parameters examined with the increase in salt doses, and although these negative changes could not be completely eliminated with salicylic acid applications, their effects were reduced. In particular, the 150 mM dose of salt was determined as the salt dose at which the most critical changes occurred.

Keywords: barley, germination, salicylic acid, salt stress

Giriş

Bitkilerde stres, üretimi sınırlayan önemli nedenlerin başında gelmektedir. Bitkilerde stres biyotik (bitki, mikroorganizma, vs) ve abiyotik (tuz, kuraklık, sıcaklık, vb.) olmak üzere ikiye ayrılır. Tuz stresi abiyotik stres faktörleri içerisinde üretimi en çok sınırlayanlardan birisidir. Tuz stresi bitkilerde osmotik ve iyon stresine neden olarak büyüme ve gelişmeyi engellemektedir (Parida ve Das, 2005). Osmotik stres sonucu bitkiler toprakta var olan sudan yeteri kadar faydalanamadıkları için fizyolojik kuraklık meydana gelmektedir (Tuteja, 2007). Bitki kökleri toprağa doğrudan temas ettiği için tuz stresinde kök ve sürgün yapılarının tepkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir (Öner vd., 2018). Tuz stresi tüm bitki gelişim evrelerinde olumsuz etki göstermekle birlikte çimlenme tuzluluğa en hassas olan evredir (Khan vd., 2009). Ortamdaki fazla tuz miktarı çimlenme oranını düşürmekte ve çimlenmeyi geciktirmektedir (Bojović vd., 2010). Tuza dayanıklı tohumlar, çimlenme çalışmalarında NaCl kaynaklı iyonik stres oluşturularak belirlenebilmektedir (Öner ve Kırılı, 2018). Salisilik asit stres faktörlerine karşı bitkinin korunma mekanizması oluşturmak amacıyla ürettiği bir sinyal molekülüdür (Senaratna vd., 2000) ve bitki büyüme düzenleyicisi olarak sınıflandırılmaktadır (Raskin, 1992). Dışardan uygulanan salisilik asitin çevresel stres şartlarında bitkilerin savunma mekanizması olarak kullandığı önemli bir molekül olduğu bilinmektedir (Senaratna vd., 2000). Ayrıca salisilik asitin bitkilerde tohum çimlenmesi, iyon alınımı ve taşınımı, fotosentez, büyüme ve gelişme gibi pek çok fizyolojik olayda da yer aldığı bildirilmiştir (Torun, 2012). Torun ve Ayaz (2019) salisilik asitin bitki türü ve uygulanan konsantrasyona bağlı olarak arpada tuz stresinin etkilerini önlediği açıklamışlardır. Arpa tahıllar arasında adaptasyon yeteneği yüksek olan bir bitkidir ve tuzluluğa dayanıklılığı yüksektir. Tuz stresi diğer bitkilerde olduğu gibi arpada da büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemekte ve bu etki en fazla çimlenme ve çıkışta görülmektedir (Begum vd., 1992; Parlak, 1999). Bitkilerin tuzluluğa olan toleransı sadece aynı tür içerisinde değil, aynı türün çeşitleri ve hatta türe ait çeşidin farklı bölgelerinde farklı tepkiler gösterebilmektedir (Torun, 2012). Çeşit seçimi tohumların çimlenme performansını etkileyen önemli bir faktördür (Öner ve Kırılı, 2018). Tuzluluğun fazla olduğu topraklarda verimli bir bitki yetiştiriciliği yapılması için tuzluluğa toleranslı uygun çeşitlerin kullanılması ve tuz stresini inhibe edecek uygulamaların kullanılması gerekmektedir. Çalışmamızda salisilik asit uygulamalarının tuz stresine maruz kalan farklı arpa çeşitlerinde çimlenme ve tohum özelliklerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmamızda bitki materyali olarak 3 farklı Arpa çeşidi (Larende, Kral, Beyşehir) kullanılmıştır.

Yöntem

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla bitkileri bölümü laboratuvarında in vitro şartlarda 2022 yılında yürütülmüştür. Çalışmada 3 arpa çeşidi (Larende, Beyşehir, Kral), 4 farklı tuz dozu (0-50-100-150 mM), ve 4 farklı salisilik asit dozu (0-0.25-0.5-1 mM) kullanılmıştır. Tuz kaynağı olarak sodyum klorür (NaCl) kullanılmıştır. Denemede 11 cm çapında petri kaplarına 25 adet tohum konulmuş, her petriye hazırlanan solüsyonlardan 10 ml eklenmiştir. Petri kapları parafilm ile kapatılarak 25 ± 1 °C'de karanlık ortamda inkübatöre yerleştirilmiştir. Parametreler ISTA kurallarına uygun olarak yapılan ölçüm ve sayımlarla elde edilmiştir. Radikula uzunluğu 2 mm olan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Uygulamalar sonucu arpa tohumlarında çimlenme oranı (%), çimlenme süresi (gün), toplam yaş ve kuru ağırlık (g), radikula yaş ve kuru ağırlık (g), koleoptil yaş ve kuru ağırlık (g), radikula uzunluğu (mm) ve koleoptil uzunluğu (mm) hesaplanmıştır. Kuru ağırlıklar için yaş örnekler 105 °C'de 2 saat kurutulmuştur (Yıldız ve Özgen, 2004).

Çimlenme oranı (%) = (çimlenen tohum sayısı / toplam tohum sayısı) × 100

Ortalama Çimlenme süresi = $\sum(fx) / \sum f$ (Matthews ve KhajehHosseini, 2007).

Formülde f: sayım gününde çimlenen tohum sayısı, x: başlangıçtan sayımın yapıldığı zamana kadar geçen gün sayısıdır.

Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur.

İstatistik Analizler

Elde edilen verilerde varyans analizleri JMP-13.0 istatistik programında, çoklu karşılaştırmalar %5 önem seviyesinde LSD testi kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonucu elde edilen verilere ilişkin varyans analiz tablosu Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’e bakıldığında, çeşitlerin incelenen tüm özelliklere etkisi %1 düzeyinde önemli çıktığı görülmektedir. SA uygulamalarının etkisinin çimlenme oranı, çimlenme süresi, toplam kuru ağırlık, koleoptil yaş ve kuru ağırlık özellikleri üzerine etkisi %5 oranında, radikula yaş ve kuru ağırlık ile radikula uzunluk üzerine etkisi %1 oranında önemli çıkarken, toplam yaş ağırlık ve koleoptil uzunluk üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır. Tuz uygulamalarının etkisine bakıldığında, koleoptil yaş ağırlık ve koleoptil uzunluk üzerine etkisi %5 oranında, çimlenme oranı, radikula yaş ve kuru ağırlık, koleoptil kuru ağırlık ve radikula uzunluk üzerine etkisi %1 oranında, çimlenme süresi, ile toplam yaş ve kuru ağırlık değerleri üzerine etkisi ise önemsiz çıkmıştır. ÇeşitxSA interaksiyonlarının toplam yaş ağırlık ve radikula uzunluğuna etkisi %5, çimlenme oranı, çimlenme süresi, toplam kuru ağırlık, radikula yaş ve kuru ağırlık, koleoptil yaş ve kuru ağırlık üzerine etkisi %1 oranında önemli çıkarken koleoptil uzunluk üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır. ÇeşitxTuz interaksiyonlarının toplam yaş ve kuru ağırlık, radikula yaş ağırlık, koleoptil yaş ve kuru ağırlık ve radikula uzunluk üzerine etkisi %1 oranında önemli çıkarken çimlenme oranı, çimlenme süresi, radikula kuru ağırlık ve koleoptil uzunluk üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır. SAxTuz interaksiyonlarının radikula kuru ağırlık üzerine etkisi %5 oranında, toplam yaş ve kuru ağırlık, radikula yaş ağırlık, koleoptil yaş ağırlık üzerine etkisi %1 oranında önemli çıkarken, çimlenme oranı, çimlenme süresi, koleoptil kuru ağırlık, radikula ve koleoptil uzunluk üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır. ÇeşitxSAxTuz interaksiyonuna baktığımızda çimlenme süresi ve radikula üzerine etkisi %5 oranında, toplam yaş ve kuru ağırlık, radikula yaş ve kuru ağırlık, koleoptil yaş ve kuru ağırlık üzerine etkisi %1 oranında önemli çıkmış, çimlenme oranı ve koleoptil uzunluk üzerine etkisi ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Arpa Çeşitlerinin Farklı Tuz Konsantrasyonları ve Farklı Salisilik Asit Konsantrasyonlarında

V.K.	SD	F değerleri									
		Ç.O.	Ç.S.	T.Y.A.	T.K.A.	R.Y.A.	R.K.A.	K.Y.A.	K.K.A.	R.U.	K.U.
Ç	2	35.43**	11.77**	79.90**	41.85**	276.4**	129.88**	103.95**	37.38**	55.11**	29.23**
SA	3	2.92 *	2.80 *	2.29 öd	5.59 *	15:6**	21.84**	7.44 *	6.88*	14.70**	0.74 öd
T	3	24.12**	1.18 öd	1.78 öd	0.82 öd	15.62**	7.92**	6.65 *	9.31**	22.55**	4.25 *
ÇxSA	6	2.39 **	6.48 **	3.76 *	7.38**	19.53**	15.30**	6.57**	8.41**	3.79 *	1.14 öd
ÇxT	6	0.15 öd	0.88 öd	6.37**	9.17**	8.76**	2.81 öd	12.77**	12.71**	5.36**	3.29 öd
SAxT	9	0.26 öd	1.06 öd	7.47**	5.23**	6.98**	3.29 *	11.67**	1.85öd	1.02öd	1.50 öd
ÇxSAxT	18	1.61 öd	1.83 *	4.24**	3.90**	5.608**	4.65 **	7.88**	8.09**	2.87 *	1.16 öd

Ç: Çeşit, SA: Salisilik asit, T: Tuz, Ç.O: Çimlenme oranı, Ç.S: Çimlenme süresi, T.Y.A: Toplam yaş ağırlık, T.K.A: Toplam kuru ağırlık, R.Y.A: Radikula yaş ağırlık, R.K.A: Radikula kuru ağırlık, K.Y.A: Koleoptil yaş ağırlık, K.K.A: Koleoptil kuru ağırlık, R.U: Radikula uzunluk, K.U: Koleoptil uzunluk

İncelenen Parametrelere İlişkin Varyans Analizi

Çimlenme Oranı (%)

Çimlenme oranı değerleri %51.00-97.33 arasında belirlenmiş olup en yüksek çimlenme oranı Beyşehir çeşidinde, tuz ve SA kullanılmayan tohumlardan, en düşük çimlenme oranı ise Kral çeşidinde 150 mM tuz ve 0.2 mM SA interaksiyonundan elde edilmiştir (Tablo 2). Çeşitlerin çimlenme oranına etkisi

önemli çıkmıştır. Farklı genetik ve adaptasyon yapısına sahip oldukları için farklı çeşitlerde farklı çimlenme oranlarının olması beklenen bir özelliktir. Tuz dozları arttıkça çimlenme oranı düşerken en fazla düşüş 150 mM tuz konsantrasyonunda görülmüştür. SAxTuz interaksyonuna baktığımızda SA dozları arttıkça tuz dozlarının çimlenme oranı üzerindeki olumsuz etkisini engellediği görülmektedir. Benzer şekilde Torun ve Ayaz (2019) arpada yaptıkları çalışmada SA uygulamalarının tuzun arpada çimlenme özellikleri üzerine olumsuz etkilerini engellediğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar SA bitkilerin çeşitli stres faktörlerine karşı özellikle ilk gelişim dönemlerinde hassasiyetini belirlemede önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Borsani vd., 2001; Dat vd., 1998; Rao vd., 1999) Kontrol gruplarında en yüksek çimlenme oranı değerleri elde edilirken, tuz dozları arttıkça düşüşlerin meydana geldiği çizelgede görülmektedir (Tablo 2). Çimlenmenin başlayabilmesi için ilk olarak tohum içine su girişinin olması gerekmektedir. Tuz dozlarının artmasıyla tuzun toksik etkisinin artması ya da su alımını engellemesiyle tohumun su girişinin engellenmesi sonucu çimlenme azalmaktadır. Artan tuz oranlarının çimlenme oranlarında düşüş meydana getirdiğini birçok araştırmacı belirtmişlerdir (Benlioğlu ve Özkan, 2015; Karaca Öner ve Kırılı, 2020; Öner vd., 2018; Öner ve Kırılı, 2018; Özkorkmaz vd., 2020)

Tablo 2. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Çimlenme Oranına (%) Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)					Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz (Ort.)	
Larende	0	90.66	89.33	94.66	88.00	90.66	
	50	86.66	89.33	90.66	85.33	88.00	
	100	86.66	78.66	78.66	78.66	80.66	
	150	68.00	74.66	72.00	68.00	70.66	
	ÇeşitxSA (Ort.)	83.00 ^{AB}	83.00 ^{AB}	84.00 ^{AB}	80.00 ^{ABC}		85.50 ^A
Kral	0	94.66	56.00	78.66	77.33	76.66	
	50	89.33	56.00	73.33	69.33	72.00	
	100	53.33	76.00	61.33	66.66	64.33	
	150	60.00	51.00	56.00	60.00	56.75	
	ÇeşitxSA (Ort.)	74.33 ^{CD}	59.75 ^E	67.33 ^{DE}	68.33 ^D		67.43 ^B
Beyşehir	0	97.33	92.00	86.66	84.00	90.00	
	50	92.00	88.00	77.33	86.66	86.00	
	100	88.00	84.00	77.33	76.00	81.33	
	150	76.00	78.00	70.66	66.66	72.83	
	ÇeşitxSA (Ort.)	88.33 ^A	85.50 ^{AB}	78.00 ^{BC}	78.33 ^{BC}		82.54 ^A
SAxT (Ort.)							
		Salisilik Asit Dozları (mM)				Tuz (Ort.)	
		0	0.25	0.5	1		
Tuz Dozları (mM)	0	94.22	79.11	86.66	83.11	85.77 ^A	
	50	89.33	77.77	80.44	80.44	82.00 ^A	
	100	76.00	79.55	72.44	73.77	75.44 ^B	
	150	68.00	67.88	66.22	64.88	66.75 ^C	
	SA (Ort.)	81.88 ^a	76.44 ^b	76.08 ^b	75.55 ^b		

Çimlenme Süresi (gün)

En uzun çimlenme süresi 4.00 gün ile Kral çeşidinde 150 mM tuz dozu ile 0.25 mM SA dozu interaksyonundan, en kısa çimlenme süresi ise 1.74 gün ile Larende çeşidinde 0.25 mM SA dozu ile tuzun uygulanmadığı tohumlarda belirlenmiştir. Çeşitlerde Larende ve Kral en uzun çimlenme

süresine sahiptir ve aynı grupta yer almışlardır (Tablo 3). Tuz ve SA dozları artarken çimlenme süresi artmıştır (Tablo 3). Benzer şekilde başka araştırmacılar da tuz dozlarının artmasıyla birlikte çimlenme hızının arttığını bildirmişlerdir (Pancholi vd., 2001; Prazak, 2001). Anaya vd. (2015) tuz stresi altındaki baklada tuz dozlarının artışıyla çimlenme sürelerinin arttığını, SA uygulamalarının ise tuzun etkisini ortadan kaldırdığını belirtmişlerdir. Salisilik asit bitkilerde katalaz enziminin aktivitesini engelleyebilmektedir. Katalaz enziminin aktivitesinin azalmasıyla birlikte hidrojen peroksit artarak tohumda çimlenmeyi geliştirebilir (Nun vd., 2003).

Tablo 3. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Çimlenme Süresine (gün) Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

Çeşit	Tuz Dozları (mM)	Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
		0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz (Ort.)
Larende	0	2.48 ^{d-k}	1.74 ^k	2.21 ^{h-k}	3.26 ^{a-e}	2.42
	50	2.20 ^{h-k}	2.73 ^{b-j}	2.89 ^{b-h}	2.82 ^{b-i}	2.66
	100	2.47 ^{e-k}	2.67 ^{c-j}	2.65 ^{c-j}	3.50 ^{abc}	2.82
	150	2.71 ^{c-j}	2.02 ^{ijk}	3.07 ^{b-g}	3.31 ^{a-d}	2.77
	ÇeşitxSA (Ort.)	2.46 ^{BCD}	2.29 ^{CDE}	2.70 ^{BC}	3.22 ^A	2.67 ^A
Kral	0	2.18 ^{h-k}	2.62 ^{d-j}	2.37 ^{f-k}	2.64 ^{d-j}	2.45
	50	2.12 ^{h-k}	2.90 ^{b-h}	2.80 ^{b-i}	2.35 ^{g-k}	2.54
	100	2.55 ^{d-k}	3.14 ^{b-f}	2.23 ^{g-k}	3.55 ^{ab}	2.87
	150	2.20 ^{h-k}	4.00 ^a	2.20 ^{h-k}	2.31 ^{g-k}	2.68
	ÇeşitxSA (Ort.)	2.26 ^{DE}	3.17 ^A	2.40 ^{BCD}	2.71 ^B	2.64 ^A
Beyşehir	0	2.70 ^{c-j}	1.69 ^k	1.99 ^{ijk}	2.11 ^{h-k}	2.13
	50	1.92 ^{jk}	2.19 ^{h-k}	2.47 ^{d-k}	2.34 ^{g-k}	2.23
	100	2.45 ^{e-k}	1.96 ^{jk}	2.47 ^{d-k}	2.09 ^{h-k}	2.24
	150	2.17 ^{g-k}	2.09 ^{ijk}	2.48 ^{d-k}	2.14 ^{h-k}	2.22
	ÇeşitxSA (Ort.)	2.31 ^{B-E}	1.98 ^E	2.35 ^{B-E}	2.17 ^{DE}	2.20 ^B
SAXT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	2.46	2.48	2.13	2.56	2.41
	50	2.10	2.51	2.58	2.60	2.45
	100	2.35	2.51	2.64	2.65	2.54
	150	2.48	2.41	2.59	3.00	2.64
	SA (Ort.)	2.35 ^B	2.48 ^{AB}	2.49 ^{AB}	2.70 ^A	

Toplam Yaş Ağırlık (g)

En yüksek toplam yaş ağırlık 3.21 g ile Larende çeşidinde 50 mM tuz dozu ile 1 mM SA interaksyonunda, en düşük toplam yaş ağırlık değeri ise 0.56 g ile Kral çeşidinde 0.25 mM SA dozu ile tuzun uygulanmadığı tohumlardan elde edilmiştir. 50 mM tuz dozunda toplam yaş ağırlık değeri kontrole kıyasla daha yüksekken, diğer tuz dozlarında azalış meydana gelmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Toplam Yaş Ağırlık (g) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

Çeşit	Tuz Dozları (mM)	Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				ÇeşitxTuz(Ort.)	Çeşit (Ort.)
		0	0.25	0.5	1		
Larende	0	2.44 ^{bc}	1.99 ^{b-e}	1.92 ^{b-f}	1.50 ^{e-k}	1.94 ^{AB}	1.81 ^A
	50	1.70 ^{d-i}	1.31 ^{g-n}	2.44 ^{bc}	3.21 ^a	2.15 ^A	
	100	2.46 ^b	1.88 ^{d-h}	1.96 ^{b-e}	1.21 ^{h-p}	1.84 ^{BC}	
	150	1.25 ^{h-o}	1.29 ^{h-n}	1.26 ^{h-o}	1.50 ^{e-k}	1.32 ^{DE}	
	ÇeşitxSA (Ort.)	1.95 ^A	1.58 ^{CD}	1.87 ^{AB}	1.85 ^{ABC}		
Kral	0	1.36 ^{f-m}	0.56 ^r	1.18 ^{i-q}	0.70 ^{o-r}	0.95 ^F	0.91 ^C
	50	0.86 ^{l-r}	1.03 ^{j-r}	0.96 ^{k-r}	1.02 ^{j-r}	0.96 ^F	
	100	0.87 ^{l-r}	0.64 ^{qr}	1.00 ^{j-r}	0.87 ^{l-r}	0.84 ^F	
	150	0.94 ^{j-r}	0.99 ^{k-r}	0.78 ^{n-r}	0.90 ^{l-r}	0.95 ^F	
	ÇeşitxSA (Ort.)	1.01 ^E	0.80 ^E	0.98 ^E	0.87 ^E		
Beyşehir	0	1.27 ^{h-n}	2.07 ^{b-e}	1.15 ^{i-q}	0.84 ^{l-r}	1.33 ^{DE}	1.42 ^B
	50	1.40 ^{f-l}	0.92 ^{l-r}	0.83 ^{m-r}	1.96 ^{b-e}	1.27 ^E	
	100	1.77 ^{d-i}	2.00 ^{b-e}	0.67 ^{pqr}	1.51 ^{d-k}	1.47 ^{DE}	
	150	1.56 ^{d-k}	1.27 ^{h-n}	1.54 ^{d-j}	2.00 ^{b-e}	1.60 ^{CD}	
	ÇeşitxSA (Ort.)	1.48 ^D	1.56 ^D	1.05 ^E	1.59 ^{BCD}		
SAxT (Ort.)							
Salisilik Asit Dozları (mM)							
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)	
Tuz Dozları (mM)	0	1.69 ^b	1.53 ^{bc}	1.40 ^{b-e}	1.01 ^f	1.41	
	50	1.30 ^{c-f}	1.09 ^{ef}	1.41 ^{b-e}	2.06 ^a	1.46	
	100	1.68 ^b	1.47 ^{bcd}	1.20 ^{def}	1.19 ^{def}	1.38	
	150	1.25 ^{c-f}	1.18 ^{def}	1.19 ^{def}	1.48 ^{bcd}	1.27	
	SA (Ort.)	1.49	1.31	1.30	1.44		

Tuz toksik etkiye sahip olmasına rağmen düşük dozlarda tohumda besin elementi görevi görmektedir (Kacar vd., 2009). Artan tuz dozlarıyla birlikte toplam yaş ağırlık değerleri azalırken SA uygulamaları ile azalış oranları düşmektedir. SA tuzun olumsuz etkisini inhibe ettiği görülmektedir (Tablo 4). Anaya vd. (2015) yaptıkları çalışmada tanede yaş ağırlığının tuz uygulamaları ile azaldığını, SA uygulamalarının ise meydana gelen azalışı engellemekle birlikte kontrolden daha düşük değerler elde edildiğini bildirmişlerdir.

Toplam Kuru Ağırlık (g)

En yüksek toplam kuru ağırlık değeri 0.54 g ile Larende çeşidinde 1 mM SA dozu ile tuzun uygulanmadığı tohumlardan, en düşük değer ise 0.20 g ile Kral çeşidinde 150 mM tuz dozu ile 0.25 mM SA dozu interaksyonundan elde edilmiştir. Çeşitlerin toplam kuru ağırlık değerleri üzerine etkisi önemli çıkarken en yüksek toplam kuru ağırlık Larende çeşidinden elde edilmiş olup onu sırasıyla Beyşehir ve Kral çeşitleri izlemektedir. Tuzun tek başına toplam kuru ağırlık üzerine etkisi önemsiz çıkarken SAxT interaksyonlarının etkisi önemli çıkmıştır. Artan SA dozlarıyla birlikte toplam kuru ağırlık değerleri artış göstermektedir (Tablo 5). Deef (2007) arpada tuz dozlarının artışıyla birlikte kuru ağırlığın azaldığını, SA dozlarının ise kuru ağırlığı arttırdığını bildirmiş, SAxT konsantrasyonunda ise artış olduğunu fakat bu artışın SA in tek uygulamalarından elde edilen artıştan daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Tablo 5. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Toplam Kuru Ağırlık (g) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz(Ort.)
Larende	0	0.30 ^{g-p}	0.39 ^{bcd}	0.33 ^{b-l}	0.54 ^a	0.39 ^A
	50	0.38 ^{b-e}	0.37 ^{b-h}	0.37 ^{b-h}	0.49 ^a	0.40 ^A
	100	0.37 ^{b-h}	0.37 ^{b-g}	0.30 ^{g-p}	0.35 ^{b-j}	0.35 ^{BC}
	150	0.28 ^{j-r}	0.33 ^{c-m}	0.35 ^{b-i}	0.35 ^{b-i}	0.33 ^{CD}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.33 ^{BC}	0.36 ^B	0.34 ^{BC}	0.43 ^A	0.37 ^A
Kral	0	0.30 ^{e-q}	0.33 ^{b-l}	0.21 ^{rs}	0.30 ^{g-p}	0.29 ^{EF}
	50	0.32 ^{d-n}	0.26 ^{m-s}	0.30 ^{h-p}	0.31 ^{f-o}	0.29 ^{DE}
	100	0.22 ^{qrs}	0.31 ^{f-p}	0.25 ^{n-s}	0.25 ^{n-s}	0.26 ^F
	150	0.40 ^{bc}	0.20 ^s	0.34 ^{b-k}	0.22 ^{qrs}	0.29 ^{EF}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.31 ^{CDE}	0.27 ^{EF}	0.27 ^{DEF}	0.27 ^F	0.28 ^C
Beyşehir	0	0.40 ^b	0.41 ^b	0.30 ^{f-p}	0.35 ^{b-i}	0.37 ^{AB}
	50	0.35 ^{b-i}	0.24 ^{o-s}	0.23 ^{p-s}	0.32 ^{d-n}	0.29 ^{EF}
	100	0.41 ^b	0.38 ^{b-f}	0.27 ^{k-s}	0.31 ^{f-p}	0.34 ^{BC}
	150	0.26 ^{k-s}	0.29 ^{i-p}	0.30 ^{f-p}	0.26 ^{l-s}	0.28 ^{EF}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.35 ^B	0.33 ^{BC}	0.27 ^{DEF}	0.31 ^{CD}	0.32 ^B
SAxT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	0.33 ^{a-d}	0.32 ^{b-f}	0.36 ^a	0.31 ^{c-f}	0.33
	50	0.30 ^{def}	0.29 ^f	0.35 ^{abc}	0.37 ^a	0.33
	100	0.28 ^{ef}	0.33 ^{a-d}	0.29 ^{ef}	0.37 ^a	0.32
	150	0.27 ^f	0.35 ^{a-d}	0.33 ^{a-e}	0.30 ^{def}	0.31
	SA (Ort.)	0.30 ^B	0.32 ^A	0.33 ^A	0.34 ^A	

Radikula Yaş Ağırlık (g)

Tüm uygulamaların radikula yaş ağırlık değerleri üzerine etkisi önemli çıkmıştır. En yüksek radikula yaş ağırlık değeri 0.36 g ile Larende çeşidinde tuz ve SA uygulanmayan kontrol grubundan, en düşük değer ise 0.01 g ile Kral çeşidinde 100 ve 150 mM tuz konsantrasyonu ile SA tüm dozlarının interaksyonundan elde edilmiştir. En yüksek radikula yaş ağırlık değeri Larende çeşidinde elde edilmiş olup bunu sırasıyla Beyşehir ve Kral çeşitleri izlemektedir. Tuz dozları ve SA dozları arttıkça radikula yaş ağırlık değerlerinde azalış meydana gelmektedir. Tuz dozlarının etkisi incelendiğinde en fazla azalış 150 mM tuz dozundan elde edilirken 50 ve 100 mM tuz dozlarından elde edilen radikula yaş ağırlık değerleri aynı istatistik grupta yer almıştır. SA değerleri arttıkça tuz stresi altında tohumların radikula yaş ağırlık değerleri azalmaktadır (Tablo 6). Çalışmamızla benzer olarak radikula yaş ağırlık değerlerinde artan tuz dozlarına bağlı olarak azalış meydana geldiğini başka araştırmacılar da bildirmişlerdir (Jamil ve Rha, 2007; Khadri vd., 2007; Öner ve Soysal, 2020; Özkorkmaz vd., 2020; Petrović vd., 2016).

Tablo 6. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Radikula Yaş Ağırlık (g) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz(Ort.)
Larende	0	0.36 ^a	0.27 ^b	0.34 ^a	0.18 ^{d-h}	0.29 ^A
	50	0.21 ^{c-f}	0.20 ^{d-g}	0.21 ^{c-f}	0.27 ^b	0.22 ^B
	100	0.24 ^{bcd}	0.13 ^{h-l}	0.21 ^{c-f}	0.22 ^{b-e}	0.20 ^B
	150	0.20 ^{def}	0.08 ^{l-p}	0.08 ^{l-p}	0.23 ^{b-e}	0.15 ^C
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.25 ^A	0.17 ^C	0.21 ^B	0.22 ^{AB}	0.21 ^A
Kral	0	0.14 ^{g-j}	0.02 ^{qr}	0.11 ^{j-n}	0.04 ^{pqr}	0.07 ^{EF}
	50	0.10 ^{j-o}	0.08 ^{l-p}	0.06 ^{n-r}	0.04 ^{pqr}	0.07 ^F
	100	0.01 ^r	0.01 ^r	0.04 ^{pqr}	0.04 ^{pqr}	0.02 ^G
	150	0.045 ^{o-r}	0.04 ^{pqr}	0.050 ^{o-r}	0.01 ^r	0.03 ^G
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.07 ^E	0.03 ^{FG}	0.06 ^{EF}	0.03 ^G	0.05 ^C
Beyşehir	0	0.16 ^{f-j}	0.22 ^{b-e}	0.07 ^{m-r}	0.03 ^{pqr}	0.12 ^D
	50	0.13 ^{h-l}	0.14 ^{h-k}	0.02 ^{qr}	0.12 ^{i-m}	0.10 ^{DE}
	100	0.18 ^{e-i}	0.26 ^{bc}	0.03 ^{pqr}	0.06 ^{n-r}	0.13 ^{CD}
	150	0.10 ^{j-o}	0.09 ^{k-o}	0.075 ^{m-q}	0.05 ^{n-r}	0.08 ^{EF}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.14 ^D	0.17 ^C	0.04 ^{EFG}	0.069 ^E	0.11 ^B
SAxT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	0.22 ^a	0.17 ^{bdc}	0.17 ^b	0.08 ^{fg}	0.16 ^A
	50	0.15 ^{bcd}	0.141 ^{cd}	0.09 ^{fg}	0.145 ^{bcd}	0.13 ^B
	100	0.145 ^{bcd}	0.13 ^{de}	0.09 ^{fg}	0.10 ^{ef}	0.12 ^B
	150	0.11 ^{def}	0.07 ^g	0.07 ^g	0.10 ^{fg}	0.09 ^C
	SA (Ort.)	0.15 ^A	0.13 ^B	0.11 ^C	0.10 ^C	

Radikula Kuru Ağırlık (g)

En yüksek radikula kuru ağırlık değeri 0.097 g ile Beyşehir çeşidinde, 0.25 mM SA dozu ile tuzun uygulanmadığı tohumlardan, en düşük radikula değeri ise 0.01 g ile Kral çeşidinde 0.25 mM SA dozu ile 100 mM tuz interaksyonundan elde edilmiştir. En yüksek radikula kuru ağırlık değeri ile aynı grupta yer alan birçok değer Larende çeşidinde SA'nın tüm dozları ile tuz uygulamasının 0 ve 50 mM dozunun interaksyonlarında belirlenmiştir. Tuz dozları ve SA dozları arttıkça radikula kuru ağırlık değerleri azalış göstermektedir. SAxTuz interaksyonlarına bakıldığından en yüksek değer kontrol grubunda yer alırken artan SA değerleri tuzu dozlarının etkisini azaltmaktadır (Tablo 7). Benzer şekilde Entesari vd. (2012) tuz stresi altındaki bürülcede SA uygulamalarının radikula kuru ağırlık değerlerini arttırdığını belirtmiştir.

Tablo 7. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Radikula Kuru Ağırlık (g) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz (Ort.)
Larende	0	0.089 ^{abc}	0.059 ^{k-o}	0.080 ^{a-i}	0.080 ^{a-j}	0.08
	50	0.087 ^{a-d}	0.091 ^{ab}	0.081 ^{a-h}	0.083 ^{a-g}	0.07
	100	0.071 ^{c-l}	0.065 ^{f-l}	0.062 ^{h-n}	0.079 ^{a-j}	0.06
	150	0.089 ^{abc}	0.079 ^{a-j}	0.063 ^{h-n}	0.068 ^{d-l}	0.07
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.08 ^A	0.073 ^B	0.071 ^B	0.076 ^{AB}	0.07 ^A
Kral	0	0.085 ^{a-e}	0.012 ^{uv}	0.060 ^{j-n}	0.024 ^{s-v}	0.04
	50	0.064 ^{g-m}	0.045 ^{m-r}	0.054 ^{l-q}	0.022 ^{s-v}	0.04
	100	0.017 ^{uv}	0.01 ^v	0.026 ^{r-v}	0.023 ^{p-t}	0.02
	150	0.041 ^{n-s}	0.034 ^{r-u}	0.028 ^{r-v}	0.01 ^{tuv}	0.03
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.05 ^C	0.02 ^D	0.04 ^C	0.02 ^D	0.05 ^B
Beyşehir	0	0.065 ^{f-l}	0.097 ^a	0.036 ^{p-u}	0.034 ^{q-u}	0.05
	50	0.074 ^{b-k}	0.054 ^{l-p}	0.021 ^{s-v}	0.061 ⁱ⁻ⁿ	0.05
	100	0.066 ^{e-l}	0.084 ^{a-f}	0.027 ^{r-v}	0.040 ^{o-s}	0.05
	150	0.073 ^{b-l}	0.069 ^{d-l}	0.040 ^{o-s}	0.038 ^{p-t}	0.05
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.06 ^B	0.076 ^{AB}	0.03 ^D	0.04 ^C	0.03 ^C
SAxT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	0.080 ^a	0.056 ^{b-e}	0.059 ^{bcd}	0.046 ^{efg}	0.06 ^A
	50	0.075 ^a	0.063 ^{bc}	0.052 ^{c-f}	0.055 ^{cde}	0.06 ^A
	100	0.051 ^{def}	0.055 ^{cde}	0.038 ^g	0.052 ^{c-f}	0.05 ^B
	150	0.068 ^{ab}	0.060 ^{bcd}	0.043 ^{fg}	0.041 ^{fg}	0.04 ^B
	SA (Ort.)	0.06 ^A	0.05 ^B	0.04 ^C	0.04 ^C	

Koleoptil Yaş Ağırlık (g)

Tüm uygulamaların koleoptil yaş ağırlık değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek koleoptil yaş ağırlık değeri 1.64 g ile Larende çeşidinde 50 mM tuz dozu ile 1 mM SA dozunun interaksiyonundan, en düşük koleoptil yaş ağırlık değeri ile 0.10 g ile Beyşehir çeşidinde 100 mM tuz dozu ile 0.5 mM SA dozu interaksiyonundan elde edilmiştir. Çeşitlere baktığımızda en yüksek koleoptil yaş ağırlık değeri Larende çeşidinden elde edilmiş olup onu sırasıyla Beyşehir ve Kral çeşitleri takip etmektedir. Tuz dozları arttıkça koleoptil yaş ağırlık değerleri azalış göstermiş kontrol grubu ile 50 mM tuz dozundan elde edilen değer aynı istatistik grupta yer almıştır. Tuz stresi altındaki arpa tohumlarında artan SA dozları ile koleoptil yaş ağırlık değerleri azalış göstermektedir (Tablo 8). Benzer sonuçlar arpa (Deef, 2007) ve baklada da (Anaya vd., 2015) bildirilmiştir.

Tablo 8. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Koleoptil Yaş Ağırlık (g) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz (Ort.)
Larende	0	0.69 ^{d-g}	0.98 ^{bc}	0.72 ^{def}	0.36 ^{i-p}	0.69 ^B
	50	0.60 ^{e-j}	0.60 ^{e-i}	1.01 ^{bc}	1.64 ^a	0.96 ^A
	100	0.99 ^{bc}	0.50 ^{f-n}	0.78 ^{cde}	0.47 ^{g-o}	0.68 ^B
	150	0.54 ^{f-l}	0.47 ^{g-o}	0.29 ^{m-q}	0.44 ^{h-o}	0.43 ^{CD}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.70 ^{AB}	0.64 ^{ABC}	0.70 ^{AB}	0.72 ^A	0.69 ^A
Kral	0	0.57 ^{e-k}	0.10 ^q	0.28 ^{n-q}	0.32 ^{l-q}	0.32 ^{DE}
	50	0.24 ^{opq}	0.27 ^{n-q}	0.25 ^{opq}	0.38 ^{i-p}	0.28 ^E
	100	0.10 ^q	0.19 ^{p-q}	0.36 ^{j-p}	0.36 ^{j-p}	0.25 ^{EF}
	150	0.08 ^q	0.12 ^q	0.10 ^q	0.31 ^{l-q}	0.15 ^F
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.25 ^{DE}	0.17 ^E	0.25 ^{DE}	0.34 ^D	0.25 ^C
Beyşehir	0	0.43 ^{h-o}	0.93 ^{bcd}	0.24 ^{opq}	0.34 ^{k-q}	0.48 ^C
	50	0.57 ^{e-k}	0.30 ^{m-q}	0.18 ^{pq}	0.70 ^{d-g}	0.43 ^{CD}
	100	0.68 ^{efg}	0.66 ^{e-h}	0.10 ^q	0.29 ^{m-q}	0.43 ^{CD}
	150	0.57 ^{e-l}	0.51 ^{f-m}	0.41 ^{i-p}	1.07 ^b	0.64 ^B
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.56 ^C	0.60 ^{BC}	0.23 ^{DE}	0.60 ^{BC}	0.50 ^B
SAXT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	0.56 ^{bcd}	0.34 ^{ef}	0.41 ^e	0.67 ^b	0.49 ^{AB}
	50	0.47 ^{cde}	0.91 ^a	0.48 ^{cde}	0.39 ^{ef}	0.56 ^A
	100	0.59 ^{bc}	0.37 ^{ef}	0.41 ^e	0.45 ^{de}	0.45 ^{BC}
	150	0.40 ^{ef}	0.60 ^{bc}	0.27 ^f	0.36 ^{ef}	0.41 ^C
	SA (Ort.)	0.50 ^{AB}	0.55 ^A	0.39 ^C	0.47 ^B	

Koleoptil Kuru Ağırlık (g)

En yüksek koleoptil kuru ağırlık değeri 0.138 g ile Larende çeşidinde 100 mM tuz dozu ile 1 mM SA dozu interaksyonundan, en düşük koleoptil kuru ağırlık değeri ise 0.043 g ile Kral çeşidinde 150 mM tuz dozu ile 0.25 mM SA dozu interaksyonundan elde edilmiştir. Larende ve Beyşehir çeşitlerinden aynı koleoptil kuru ağırlık değeri elde edilmiş olup Kral çeşidinden elde edilen değerden yüksektir. Tuz dozları arttıkça koleoptil kuru ağırlık değerleri azalırken SA değerleri arttıkça artmaktadır. SAXTuz interaksyonlarının etkisi ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 9). Tuzun koleoptil kuru ağırlık üzerindeki ağırlık azaltıcı etkisini birçok araştırmacı çalışmalarında belirtmişlerdir (Hakim vd., 2010; Jamil ve Rha, 2007; Öner ve Soysal, 2020).

Tablo 9. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Koleoptil Kuru Ağırlık (g) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz (Ort.)
Larende	0	0.094 ^{d-g}	0.059 ^{n-q}	0.088 ^{d-h}	0.098 ^{cde}	0.085 ^{BCD}
	50	0.064 ^{k-p}	0.107 ^{cd}	0.072 ^{h-p}	0.055 ^{pq}	0.074 ^E
	100	0.131 ^{a^b}	0.115 ^{bc}	0.061 ^{nop}	0.138 ^a	0.11 ^A
	150	0.088 ^{d-h}	0.068 ^{i-p}	0.063 ^{m-p}	0.065 ^{j-p}	0.071 ^{EF}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.094 ^A	0.087 ^{AB}	0.071 ^{CD}	0.098 ^A	0.08 ^A
Kral	0	0.070 ^{h-p}	0.053 ^{pq}	0.053 ^{pq}	0.077 ^{f-n}	0.063 ^{FG}
	50	0.084 ^{e-j}	0.062 ^{nop}	0.068 ^{i-p}	0.082 ^{e-m}	0.074 ^E
	100	0.068 ^{i-p}	0.059 ^{n-q}	0.099 ^{cde}	0.053 ^{pq}	0.069 ^{EF}
	150	0.064 ^{j-p}	0.043 ^q	0.058 ^{n-q}	0.056 ^{opq}	0.055 ^G
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.071 ^{CD}	0.054 ^E	0.069 ^D	0.067 ^D	0.06 ^B
Beyşehir	0	0.084 ^{e-k}	0.106 ^{cd}	0.100 ^{cde}	0.063 ^{i-p}	0.088 ^B
	50	0.087 ^{d-i}	0.067 ^{j-p}	0.096 ^{c-f}	0.064 ^{i-p}	0.078 ^{CDE}
	100	0.087 ^{d-i}	0.061 ^{n-q}	0.083 ^{e-l}	0.075 ^{g-o}	0.076 ^{DE}
	150	0.102 ^{cde}	0.082 ^{e-k}	0.094 ^{d-g}	0.069 ^{h-p}	0.086 ^{BCD}
	ÇeşitxSA (Ort.)	0.090 ^A	0.079 ^{BC}	0.093 ^A	0.068 ^D	0.08 ^A
SAXT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	0.088	0.078	0.081	0.095	0.086 ^A
	50	0.067	0.078	0.078	0.078	0.075 ^{BC}
	100	0.079	0.072	0.080	0.083	0.079 ^B
	150	0.063	0.064	0.071	0.084	0.071 ^C
	SA (Ort.)	0.074 ^B	0.073 ^B	0.078 ^B	0.085 ^A	

Radikula Uzunluk (mm)

En uzun radikula uzunluk değeri 102.25 mm ile Larende çeşidinde 0.5 mM SA ile tuzun uygulanmadığı tohumlardan, en düşük radikula uzunluk değeri ise 21.88 mm ile Kral çeşidinde 150 mM tuz dozu ile SA uygulanmadığı tohumlardan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça radikula uzunluğu değerleri dozların artışıyla ters orantılı olacak şekilde azalış meydana gelmiştir. SA dozlarının artmasıyla birlikte de radikula uzunluk değerlerinde azalış görülmektedir. Benzer şekilde Nasırcılar vd. (2020) SA uygulamalarının artan dozlarla birlikte kök uzunluğu üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Tuzun 50 mM dozu ile kontrol grubu aynı istatistik grupta yer alırken, en fazla düşüş 150 mM tuz dozundan elde edilmiştir. SAXTuz interaksiyonlarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur. (Tablo 10). Çizelge 1’de görüldüğü gibi tuz dozlarında en fazla düşük 150 mM dozunda meydana gelmiştir Çavuşoğlu vd. (2007) artan tuzluluk seviyelerinin arpa tohumlarının fide büyüme parametreleri üzerinde engelleyici bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 10. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Radikula Uzunluk (mm) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz (Ort.)
Larende	0	89.46 ^{ab}	90.96 ^{ab}	102.25 ^a	70.80 ^{b-g}	88.37 ^A
	50	65.82 ^{c-i}	82.81 ^{a-f}	87.26 ^{abc}	64.53 ^{e-j}	75.10 ^B
	100	85.71 ^{a-e}	52.83 ^{g-n}	57.37 ^{g-m}	65.13 ^{d-j}	65.26 ^{BC}
	150	67.16 ^{c-h}	48.73 ^{h-p}	30.52 ^{o-r}	39.10 ^{k-r}	46.38 ^{DE}
	ÇeşitxSA (Ort.)	77.04 ^a	68.83 ^{ab}	69.35 ^{ab}	59.89 ^{bc}	68.78 ^A
Kral	0	86.74 ^{a-d}	33.02 ^{n-r}	63.75 ^{f-j}	48.81 ^{h-p}	58.08 ^C
	50	90.27 ^{ab}	37.90 ^{l-r}	47.53 ^{h-p}	43.90 ^{l-r}	54.90 ^{CD}
	100	45.10 ^{l-r}	36.80 ^{m-r}	39.45 ^{k-r}	36.84 ^{m-r}	39.55 ^E
	150	21.88 ^q	24.10 ^q	35.55 ^{m-r}	32.03 ^{n-r}	28.39 ^F
	ÇeşitxSA (Ort.)	61.00 ^{bc}	32.96 ^f	46.57 ^{de}	40.39 ^{ef}	45.23 ^B
Beyşehir	0	51.31 ^{g-o}	47.73 ^{h-p}	33.55 ^{n-r}	32.43 ^{n-r}	41.26 ^E
	50	64.88 ^{d-j}	47.12 ^{h-p}	29.40 ^{pqr}	31.32 ^{n-r}	43.18 ^E
	100	60.60 ^{g-k}	59.57 ^{g-l}	27.75 ^{pqr}	38.29 ^{l-r}	46.55 ^{DE}
	150	46.86 ^{g-r}	45.61 ^{l-p}	38.31 ^{l-r}	22.85 ^q	38.41 ^{EF}
	ÇeşitxSA (Ort.)	55.91 ^{cd}	50.01 ^{cde}	32.25 ^f	31.22 ^f	42.35 ^B
SAXT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	75.84	57.24	66.52	50.68	62.57 ^A
	50	73.66	55.94	54.73	46.59	57.73 ^A
	100	63.80	49.74	41.52	46.75	50.45 ^B
	150	45.30	39.48	34.79	31.33	37.72 ^C
	SA (Ort.)	64.65 ^A	50.60 ^B	49.39 ^{BC}	43.84 ^C	

Koleoptil Uzunluk (mm)

Koleoptil uzunluk değerleri üzerine çeşit ve tuz dozlarının haricinde diğer uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek koleoptil uzunluğu 38.38 mm ile Larende çeşidinden elde edilmiştir. Larende çeşidini sırasıyla Beyşehir ve Kral çeşitleri takip etmektedir. Tuz dozlarının etkisine baktığımızda 150 mM dozuna kadar elde edilen değerler aynı istatistik grupta yer alırken 150 mM dozunda en düşük koleoptil uzunluk değeri belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Arpa Çeşitlerinde Koleoptil Uzunluk (cm) Değerlerine Ait Ortalamalar ve İstatistik Gruplar

		Salisilik Asit Dozları (SA) (mM)				Çeşit (Ort.)
Çeşit	Tuz Dozları (mM)	0	0.25	0.5	1	ÇeşitxTuz(Ort.)
Larende	0	50.64	46.12	47.40	39.70	45.96
	50	41.67	36.67	45.66	33.99	39.50
	100	37.31	36.25	38.50	32.10	36.04
	150	31.53	45.20	25.44	25.98	32.04
	ÇeşitxSA (Ort.)	40.29	41.06	39.25	32.94	38.38 ^A
Kral	0	31.52	24.54	30.89	28.00	28.74
	50	29.39	28.61	24.89	26.93	27.45
	100	30.15	33.41	24.31	28.17	29.01
	150	12.02	17.73	25.70	25.11	20.14
	ÇeşitxSA (Ort.)	25.77	26.07	26.45	27.05	26.34 ^C
Beyşehir	0	31.02	27.21	29.83	21.12	27.29
	50	31.08	33.56	35.62	28.90	32.29
	100	28.16	34.86	24.62	32.75	30.10
	150	28.30	31.08	25.34	40.06	31.19
	ÇeşitxSA (Ort.)	26.64	31.68	28.85	30.70	30.22 ^B
SAXT (Ort.)						
Salisilik Asit Dozları (mM)						
		0	0.25	0.5	1	Tuz (Ort.)
Tuz Dozları (mM)	0	37.73	32.62	36.04	29.61	34.00 ^A
	50	34.05	32.95	35.39	29.94	33.08 ^A
	100	31.87	34.84	29.14	31.01	31.72 ^A
	150	23.95	31.34	25.49	30.38	28.03 ^B
	SA (Ort.)	35.59	32.49	31.52	30.23	

Sonuç

Salisilik asit uygulamalarının 3 farklı arpa çeşidinde çimlenme ve tohum özelliklerinin tuz stresi altındaki tepkilerinin belirlenmesini amaçlayan çalışmamızda tüm uygulamalarda en iyi sonuç veren çeşitler Larende ve Beyşehir arpa çeşitleri olmuştur. Salisilik asit uygulamalarının tek başına etkisi toplam yaş ağırlık ve koleoptil uzunluğu değerlerinin haricinde diğer incelenen özelliklerde önemli çıkmıştır. Özellikle ağırlık değerleri üzerinde SAXTuz interaksyonunun etkisini önemli çıkmış, tuz dozlarının artmasıyla birlikte hemen hemen incelenen tüm parametrelerde olumsuz yönde değişiklikler meydana gelmiş, salisilik asit uygulamalarıyla bu olumsuz değişiklikler tamamen ortadan kaldırılamasa da etkileri azaltılmıştır. Çalışmamız sonucunda uygulanan 1 mM salisilik asit dozunun tuz stresi etkisini azaltması açısından diğer dozlara nazaran daha fazla etkisi olduğu belirlenmiştir.

Yazar Katkısı

Ferda Özkorkmaz, deneysel ortamını hazırladı ve deneysel süreci takip etti. *Fatih Öner*, verilerin toplanması ve istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.


Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Ferda Özkorkmaz  <https://orcid.org/0000-0003-4345-9711>

Fatih Öner  <https://orcid.org/0000-0002-6264-3752>

Kaynaklar

- Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S. ve Loutfi, K. (2017). Antioxidant enzymes and physiological traits of *Vicia faba* L. as affected by salicylic acid under salt stress. *J Mater Environ Sci*, 8(7), 2549-2563. https://www.imaterenvirosci.com/Document/vol8/vol8_N7/274-JMES-2438-Ayana.pdf
- Begum, F., Karmoker, J. L., Fattah, Q. A. ve Maniruzzaman, A. F. M. (1992). The effect of salinity and its correlation with K⁺, Na⁺. Claccumulation in germinating seeds of *Triticum aestivum* L. cv. Akbar. *Plant Cell Physiology*, 33(7), 1009-1114. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a078324>
- Benlioğlu, B. ve Özkan, U. (2015). Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) çimlenme dönemlerinde farklı dozlardaki tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 109-114. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tarbitderg/issue/11533/137355>
- Bojović, B., Đelić, G., Topuzović, M. ve Stanković, M. (2010). Effects of NaCl on seed germination in some species from families Brassicaceae and Solanaceae. *Kragujevac Journal of Science*, 32, 83-87. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=1450-96361032083B>
- Borsani, O., Valpuesta, V. ve Botella, M. A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant physiology*, 126(3), 1024-1030. <https://doi.org/10.1104/pp.126.3.1024>
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S. ve Kabar, K. (2007). Arpa tohumlarının çimlenmesi sırasında gibberellik asit, kinetin ve etilen ile tuz stresinin hafifletilmesinde bazı morfolojik ve anatomik gözlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2(1), 27-40. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sdufeffd/issue/11265/134606>
- Dat, J. F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. H. ve Scott, I. M. (1998). Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiology*, 116(4), 1351-1357. <https://doi.org/10.1104/pp.116.4.1351>
- Deef, H. E. (2007). Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. *Advanced in Biological Research*, 1(1-2), 40-48. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2f68f82fe25fc45075de1330dae82519cc0514c8>
- Entesari, M., Sharif-Zadeh, F., Zare, S., Farhangfar, M. ve Dashtaki, M. (2012). Effect of seed priming on mung bean (*Vigna radiata*) cultivars with salicylic acid and potassium nitrate under salinity stress. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2(Special issue), 926-932. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133031522>
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Begum, M., Hanafi, M. M., Ismail, M. R. ve Selamat, A. (2010). Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(13), 1911-1918. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1526>
- Jamil, M. ve Rha, E. S. (2007). Gibberellic acid (GA₃) enhance seed water uptake, germination and early seedling growth in sugar beet under salt stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(4), 654-658. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.654.658>

- Kacar, B., Katkat, V. ve Öztürk, Ş. (2009). *Bitki Fizyolojisi* (No: 848, 3. Baskı). Nobel Yayınları.
- Karaca Öner, E., ve Kırılı, A. (2020). Determination the effect of salt and gibberellic acid on germination for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(1), 1-5. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bsagriculture/issue/49364/555409>
- Khadri, M., Tejera, N. A. ve Lluch, C. (2007). Sodium chloride–ABA interaction in two common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars differing in salinity tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 60(2), 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.10.008>
- Khan, H., Ayup, A., Pervez, C. M., Bilal, M. A., Shahid, R. M. ve Ziaf, M. A. (2009). Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annum* L.) at seedling stage. *Soil Environment*, 28, 81-87. <https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/63920/>
- Matthews, S. ve Khajeh-Hosseini, M. (2007). Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35(1), 200-212. <https://www.researchgate.net/publication/233504883>
- Nasırcılar, A. G., Ulukapı, K. ve Kurt, Z. (2020). Kuraklık stresi koşullarında dışarıdan uygulanan salisilik asitin turp (*Raphanus sativus* L.) çeşitlerinin çimlenme ve vejetatif büyüme özellikleri üzerine etkisi, 8(11), 2293-2299. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i11.2293-2299.3087>
- Nun, N. B., Plakhine, D., Joel, D. M. ve Mayer, A. M. (2003). Changes in the activity of the alternative oxidase in Orobanche seeds during conditioning and their possible physiological function. *Phytochemistry*, 64(1), 235-241. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00165-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00165-1)
- Öner, F. ve Kırılı, A. (2018). Effects of salt stress on germination and seedling growth of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(2), 191-196. <https://doi.org/10.29278/azd.476365>
- Öner, F. ve Soysal, A. Ö. (2020). Determination of germination and seedling growth parameters of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 12(3), 693-701. <https://doi.org/10.15835/nsb12310766>
- Öner, F., Özkorkmaz, F. ve Yılmaz, N. (2018). Tuz stresi altında gibberellik asit uygulamalarının yulafta bazı çimlenme parametreleri üzerine etkisi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1), 33-35. <https://ijans.org/index.php/ijans/article/view/412>
- Özkorkmaz, F., Yılmaz, N. ve Öner, F. (2020). Researching germination properties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under polyethylene glycol osmotic stress and saline conditions. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(2), 251-258. <https://doi.org/10.29278/azd.671472>
- Pancholi, S. R., Bhargava, S. C. ve Singh, A. K. (2001). Screening of wheat genotypes at different salinity levels for germination percentage. *Annals of Agri Bio Research*, 6(2), 53-56. <http://sjafs.selcuk.edu.tr/sjafs/article/view/1331/0>
- Parida, A. K. ve Das, A. B. (2005). Salt tolerance and sali-nity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324-349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Parlak, M. (1999). *Farklı gelişim aşamalarında iki arpa (Hordeum vulgare L.) çeşidinin tuza toleransı* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Petrović, G., Jovičić, D., Nikolić, Z., Tamindžić, G., Ignjatov, M., Milošević, D. ve Milošević, B. (2016). Comparative study of drought and salt stress effects on germination and seedling growth of pea. *Genetika-Belgrade*, 48(1), 373-381. <https://doi.org/10.2298/GENSR1601373P>
- Prazak, R. (2001) Salt tolerance of *Triticum monococcum* L. *T. dicoccum* (Schrank) Schubl. *T. durum* Desf. and *T. aestivum* L. seedlings. *Journal of Applied Genetics*. 42(3), 289-292.

<https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-b2b0dcab-1dad-4441-b0bd-db46f5d8374f>

- Rao, M. V. ve Davis, K. R. (1999). Ozone-induced cell death occurs via two distinct mechanisms in Arabidopsis: the role of salicylic acid. *The Plant Journal*, 17(6), 603-614. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1999.00400.x>
- Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annual review of plant biology*, 43(1), 439-463. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.43.060192.002255>
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. ve Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.* 30, 157-161. <https://doi.org/10.1023/A:1006386800974>
- Torun, H. (2012). *Tuz stresine maruz bırakılan arpa (Hordeum vulgare L.) çeşitlerinde salisilik asit muamelesinin içsel fitohormonlar düzeyinde fizyolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Torun, H. ve Ayaz, F. A. (2019). Tuz stresi koşullarında salisilik asidin zamana bağlı uygulanmasının arpa (*Hordeum vulgare* L.) köklerinin antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri. *Anadolu University Journal of Science and Technology C-Life Sciences and Biotechnology*, 8(1), 69-84. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/estubtdc/issue/43264/525538>
- Tuteja, N. (2007). Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology*, 428, 419-438. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(07\)28024-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(07)28024-3)
- Yıldız M. ve Özgen M. (2004). The effect of a submersion pretreatment on in vitro explant growth and shoot regeneration from hypocotyls of flax (*Linum usitatissimum*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 77(1), 111-115. <https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000016493.03592.c3>

Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Meyve Kabuklarının Biyoaktif Potansiyelinin Belirlenmesi

Tuğba Özbucak¹ , Sinem Dağ¹ , Görkem Gürkan¹ 

¹Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 11.08.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 23.10.2022

Öz

Bu çalışmada bitkisel bir atık olan *Diospyros kaki* L. (Trabzon hurması) meyve kabuklarının biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan metanol, etanol ve su ekstraktları kullanılarak antimikrobiyal ve antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. Çalışılan örneklerin katalitik aktivitesinin incelenmesi amacıyla sucul ortamlarda yaygın olarak bulunan endüstriyel kökenli metilen mavisi boyasının sodyum borhidrür (NaBH₄) varlığında indirgenmesi değerlendirilmiştir ve sonuçlar UV-Visible Spektrofotometresinde (UV-Vis) izlenmiştir. GC-MS analizi ile meyve kabuğunun yapısında bulunan bileşenler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek antimikrobiyal etki etanol, en düşük antimikrobiyal etki ise su ekstraktında görülmüştür. GC-MS analizi sonucuna göre meyve kabuğu %50 oranında yağ türevli bileşenler içermektedir. En yüksek oranda bulunan bileşen %26,89 ile Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, en düşük bulunan ise 0,86'lık oran ile Docosane isimli bir alkandır. Çalışılan örnekler arasında en yüksek ve en düşük fenolik asit ile FRAP içeriği sırasıyla su ve etanol ekstraktlarından elde edilmiştir. Metanol ekstraktı en yüksek DPPH radikalini süpürme yüzdesi değerine sahipken, en düşük değer etanol ekstraktında tespit edilmiştir. Kataliz reaksiyonlarında ise su örneklerinin metilen mavisi boyasını indirgeyerek çok kısa bir süre içerisinde boya rengini açtığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: antimikrobiyal, antioksidan, bozunma, metilen mavisi, Trabzon hurması

Determination of Bioactive Potential of *Diospyros kaki* L. Fruit Peels

Abstract

In this study, antimicrobial, and antioxidant capacities of *Diospyros kaki* L. (Persimmon) fruit peels, which is a vegetable waste, were investigated by using methanol, ethanol and water extracts prepared to determine the bioactive properties. To examine the catalytic activity of studied samples, the reduction of the industrial origin methylene blue dye, which is common aquatic environments, in the presence of sodium borohydride (NaBH₄) was evaluated and the results were monitored in the UV-Visible Spectrophotometer (UV-Vis). The components in the structure of the fruit peel were determined by GC-MS analysis. As a result of the study, the highest antimicrobial effect was observed in ethanol, and the lowest antimicrobial effect was observed in water extract. According to the results of GC-MS analysis, the fruit peel contains 50% oil-derived components. The component with the highest ratio is Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester with 26.89%, and the lowest is an alkane named Docosane with a ratio of 0.86. Among the samples studied, the highest and lowest phenolic acid and FRAP contents were in water and ethanol extracts, respectively. While the methanol extract had the highest DPPH radical scavenging percentage value, the lowest value was determined in ethanol extract. In the catalysis reactions, it was determined that the water samples reduced the Methylene Blue dye and lightened the dye color in a very short time.

Keywords: antimicrobial, antioxidant, degradation, methylene blue, persimmon

Giriş

Trabzon hurması, *Ebenaceae* familyasının *Diospyros* cinsine ait bir taksondur (Onur 1990). *Diospyros* cinsi çoğunluğu herdem yeşil olan, tropik ve subtropik bölgelere özgü 400 türe sahiptir (Iwanami vd. 2002; Yonemori vd., 2000). *Diospyros* ismi Yunanca “Dios” (Baştanrı) ve “pyros” (tane) kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuş “kutsal yiyecek” veya “tanrıların yiyeceği” anlamına gelmektedir. Bazı kaynaklarda meyve, Zeus’un meyvesi olarak da ifade edilmektedir. Meyveleri görünüşlerinin ve tatların güzelliğinden dolayı bu ismi almıştır (Yıldız Akbulut, 2021). *Diospyros* cinsine ait yalnızca 4 tür ticari olarak meyve üretiminde kullanılmaktadır (Kitagawa ve Glucina 1984). Bunlar *Diospyros kaki* Thunb., *Diospyros lotus* L., *Diospyros virginiana* L. ve *Diospyros oleifera* Cheng’dır. Bunlardan çalışma materyalimizi oluşturan *D. kaki* taze ve işlenmiş olarak kullanılmaktadır (Yıldız vd., 2012). Trabzon hurması, cennet hurması, Japon hurması ve Akdeniz hurması gibi yöresel isimler ile bilinen *D. kaki*, çok yıllık ağaç formunda bir bitkidir. Anavatanı Çin olan meyve önce Japonya’ya, sonrasında ise diğer ülkelere yayılmıştır (Özcan, 2005). Ülkemize hangi tarihte getirildiği tam olarak bilinmemekle birlikte ülkemize Karadeniz bölgesinden giren meyvenin yetiştiriciliği çok eski tarihlere dayanmaktadır. Bir subtropik iklim meyvesi olan Trabzon hurması ülkemizde en çok Akdeniz Bölgesi’nde yetiştirilmektedir. Bu meyve türü kışın yapraklarını döktüğü için, daha serin bölgelerde de özellikle Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri’nde yetiştiriciliğine rastlanmaktadır. Eylül-aralık ayları arasında hasat edilen meyveleri renk, şekil ve boyut bakımından farklılık göstermektedir. Sarıdan kırmızıya veya turuncuya dönen renklere sahiptir (Yıldız Akbulut, 2021). Buruk ve buruk olmayan şeklinde ikiye ayrılan meyveleri olgunlaşınca kadar kekremsi olgunlaştıktan sonra ise tatlımsı bir tada sahiptir (Onur, 1995). Meyve kabuğu pürüzsüz, ince ve parlaktır (Karasova vd., 2013).

Hızlı nüfus artışına paralel olarak gelişen sanayileşme tüketimin artmasına neden olarak atık problemini ortaya çıkarmıştır. Bitkisel ürünlerin tüketime yönelik olarak kullanılmasıyla ortaya çıkan sapları, çiçekleri, yaprakları, çekirdekleri, kabuk ve kökleri evsel bitkisel atıklar olarak bilinmektedir. Toplam atık miktarının içerisinde bitkisel kaynaklı atık miktarının çok büyük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bitkisel atıkların ham madde olarak farklı şekillerde değerlendirilmesi ve yeniden kullanılabilmesi katma değeri yüksek olan ürünlere dönüştürülmesi oldukça önemlidir (Hepşen, 2010; Yaman, 2012).

Fenolik maddeler yüksek biyoyararlılık özelliği gösteren moleküllerdir (Balasundram vd., 2006, Renda vd., 2019). Bu bileşikler bitkilerde bir çok fizyolojik gelişmelerde rol oynayan sekonder metabolitler arasında yer almaktadır (Gündoğdu, 2019). Bitkiler sahip oldukları biyoaktif bileşenleri sayesinde farmasötik ve gıda endüstrileri gibi farklı alanlarda yoğun bir şekilde talep görmektedirler. Bu da doğal antioksidanların yaygın bir şekilde sentetik antioksidanların yerine kullanılmasına imkân sağlayacaktır (Özbucak vd., 2022).

Bitkilerin mikroorganizmaları öldürücü ve insan sağlığı için önemli özellikleri uzun yıllardır çalışılmaktadır. Özellikle son yıllarda bitkilerin antimikrobiyal etkileri üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Ertürk, 2010; Ertürk vd., 2020). Bitkilerin sahip olduğu farklı fitokimyasal özellikler belirlenerek tıp, endüstri gibi farklı alanlarda kullanılabilme potansiyelleri araştırılmalıdır (Kırbağ ve Zengin, 2006).

Fenolik kirleticiler ilaç, petrokimya, tekstil, matbaa gibi farklı sektörlerde yaygın olarak bulunan organik kirleticilerdir (Gutes vd., 2005). On binden fazla çeşitte boya ve pigmentin kullanıldığı boya endüstrisinde yaklaşık %15’lik endüstriyel atık ortaya çıkmaktadır (Arslan vd. 2021; Kayranlı 2011). Biyolojik olarak parçalanamayan boyalar ışığa, ısıya ve oksitleyici maddelere karşı dayanıklıdır (Wang vd., 2018). Bu özelliklerinden dolayı sularda kirliliğe ve oksijen kapasitesinin azalmasına neden olmakta ve hidrosfere verdiği zararla ciddi çevre sorunları yaratmaktadırlar (Piccin vd., 2012). Suda bulunan boyaların uzaklaştırılmasında aktif karbonlar, killer, bitkisel atıklar gibi malzemeler kullanılmaktadır. Bununla beraber, son yıllarda sulardan boyaların arıtılması için bu maddelerin parçalanmasının sağlayan katalitik metotlar yaygın hale gelmektedir (Şahin ve Gübbük, 2019). Bu nedenle özellikle atık olan bitkisel materyallerin katalitik özelliklerinin belirlenmesi önemlidir.

Bu çalışmada *Diospyros kaki* L. (Trabzon hurması) meyvesinin kabukları ile hazırlanan metanol, etanol ve su ekstraktlarının antibakteriyal ve antioksidan özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma materyali olan Trabzon hurması meyve kabuğunun farklı ekstraktlarının metilen mavisi boyasını indirgeme gücü incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Ordu İli Kayadibi köyünden (500 m) aralık ayında aynı ağaçtan toplanan *Diospyros kaki* L. meyvelerinin (Şekil 1) kabukları kullanılmıştır (Şekil 2). Toplanan meyve kabukları oda sıcaklığında kuru ağırlığı sabitleninceye kadar kurutulup öğütülerek ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir.

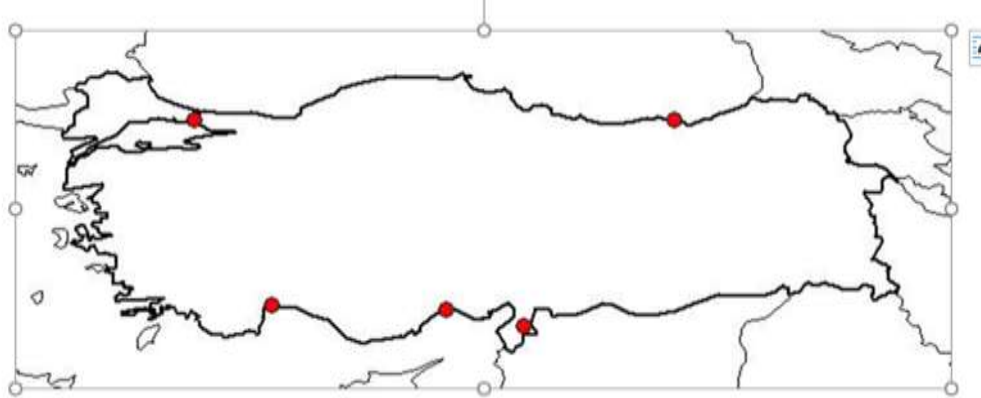


Şekil 1. *Diospyros kaki* Meyvesi



Şekil 2. *Diospyros kaki* L. Meyve Kabukları

Taksonun ülkemizdeki dağılışı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Taksonun Ülkemizdeki Dağılışı

Metot

Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Su, metanol ve etanol ekstraktları hazırlamak için kurutulup, öğütülmüş 5 gr bitki örneği üzerine 50 ml su/metanol/etanol ilave edilerek yaklaşık 14 saat çalkalamalı su banyosunda ekstre edilmiştir ve süzölmüştür. Birkaç kez tekrarlanan bu işlemin ardından biriktirilen süzöntüler metanol/etanol için evaporatör, su için ise liyofilizatör kullanılarak çözücüsünden uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan kalan katı madde belirli miktarda çözücü eklenerek stok numuneler halinde +4 °C'de saklanmıştır.

Antimikrobiyal Etkinin Belirlenmesi

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde kullanılan disk difüzyon tekniğinde; bakteriler için Muller Hinton Agar, funguslar (mantarlar) için Saboraud Dextrose Agar besiyerleri minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) için Muller Hinton Broth ve Saboraud Dextrose Broth besiyerleri ile gram negatif ve gram pozitif bakteriler ve funguslar kullanılmıştır. Antibakteriyel etki belirlemede kullanılan kültür koleksiyonlarından temin edilen bakteriler; Gram (+); *Staphylococcus aureus* ATCC®25923, *Listeria monocytogenes* ATCC®7677, *Bacillus cereus* ATCC®10,876; Gram (-); *Escherichia coli* ATCC®25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC®27853, *Citrobacter freundii* ATCC®43864, Antifungal etki belirlemede kullanılan mayalar; *Candida albicans* ATCC®10231 ve *Saccharomyces cerevisiae* ATCC®9763 'dır. Bakteri ve mantar suşları 25±0.1°C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. Daha sonra agar besiyerleri 10 cm çapındaki steril petri kutularına homojen bir şekilde yayılmıştır. Katılaştıran agar üzerine swap yöntemi ile 100 µl mikroorganizma boşluk kalmayacak şekilde en az 3 farklı yöne yayma plaka yapıldıktan sonra 30 dakika içinde diskler steril pens yardımıyla yerleştirildikten sonra 30 ml ekstrakt yavaşça eklenmiştir. Zon çaplarının etkilenmemesi için petriler bir süre yerinden oynatılmayıp petriler organizmanın optimum geliştiği sıcaklıkta inkübe edilmiştir (Bakteriler için 37 °C, funguslar için 25 °C). Bakteriler için 1 gün, funguslar için 2 gün sonra zon çapları kumpas ile belirlenmiştir. 3 tekrarlı gerçekleştirilen çalışmada zon çaplarının aritmetik ortalaması alınarak standart antibiyotiklerle (inhibisyon zon çapları) karşılaştırılmıştır (Ertürk, 2006).

Toplam Fenolik ve Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi

Hazırlanan ekstraktların toplam fenolik madde içeriklerinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). DPPH radikal giderme aktivitesinin tayini 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak Blois (1958)'in metoduna göre çalışılmıştır. Demir (III) indirgeme antioksidan gücü (FRAP) kapasite tayini ise Benzie ve Strain (1999)'a göre yapılmıştır.

Metilen Mavisi Boyası İndirgeme Reaksiyonları

Yapılan çalışmada bazik özellikte bir boya olan metilen mavisi boyası kullanılmıştır. Kataliz uygulamaları için meyve kabuklarından hazırlanan metanol, etanol ve su ekstraktları katalizör olarak kullanılarak NaBH₄ (Sodyum Bor Hidrür) ile metilen mavisi boyası indirgenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 1ml 10⁻⁴ M metilen mavisi boyasına 1ml H₂O ilave edilerek UV-Vis ölçümü alınmıştır. Okuma işlemi bittikten sonra aynı örneğin üzerine 1.5 ml NaBH₄ ve hazırlanan ekstraktlardan 0.5 ml eklenerek 2'şer dk. aralıklarla, reaksiyon dengeye ulaşıncaya kadar UV-Vis ölçümleri alınmıştır (Şahin ve Gübbük, 2019).

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma ile *D. kaki* meyve kabuklarının biyoaktif bileşenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çevre açısından bakıldığında tarım ve gıda endüstrisi tarafından üretilen bitkisel atıkların yeniden kullanılabilmesi ile hem doğaya hem de katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi sayesinde ekonomiye kazanç sağlanacaktır. Yapılan bu çalışmada daha önce çalışılmamış bir bitkisel bir atık olan Trabzon hurması meyve kabuklarının metanol, etanol ve su gibi farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan ekstraktların antimikrobiyal, antioksidan özellikleri ile metilen mavisi boyasını indirgeme gücü incelenmiştir.

Antimikrobiyal Etki Sonuçları

Yapılan antimikrobiyal analizlerin ölçüm ortalamalarına göre antimikrobiyal aktivitesi en yüksek olan *D. kaki* kabuğu ekstraktı etanol, en düşük antimikrobiyal etki gösteren ise metanol ekstraktıdır. *D. kaki* nin metanol, etanol ve su ekstraktlarının gram-negatif pozitif bakteriler üzerindeki ortalama antimikrobiyal etkileri büyükten küçüğe; *Staphylococcus aureus* > *P. aeruginosa* > *Listeria monocytogenes* > *Citrobacter freundii* > *E. coli* > *Bacillus cereus* şeklindedir. Mantarlar üzerindeki

ortalama antimikrobiyal etkileri ise büyükten küçüğe; *S. cerevisiae* > *Candida albicans* şeklindedir (Tablo 1).

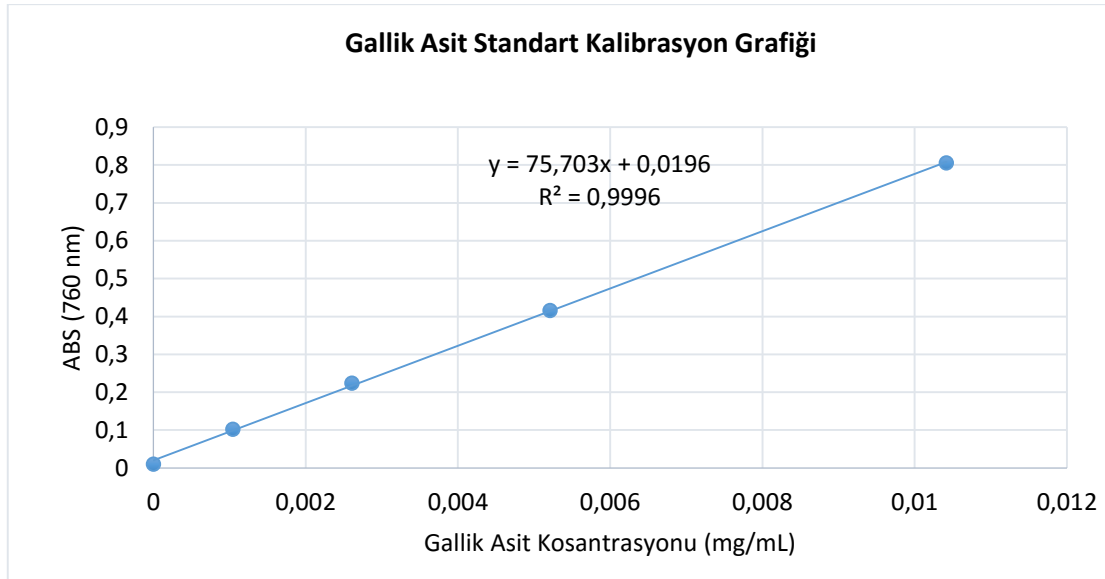
Sonuçlara bakıldığında etanol ekstraktı dışındaki örneklerde antimikrobiyal etkinin olmadığı görülmektedir. Etanol ekstraktı örneğinde büyük oranda yağ asitleri bulunmaktadır. Özellikle %26,89 gibi bir oranla bulunan Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl adı verilen yağ asidinin güçlü bir antimikrobiyal ajan olduğu bildirilmektedir (Pu vd., 2010). Antimikrobiyal bileşiklerin genelde bitkilerin esansiyel yağ kısmında bulunduğu bildirilmektedir (Faydalıoğlu ve Sürücüoğlu, 2013). Bitkiler sahip oldukları birçok etken madde sayesinde sinerjik bir etki göstererek mikroorganizma direncine daha etkin cevap sağlamalarından dolayı bitki materyallerinden elde edilen özütlerin doğal antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılabilirliği bildirilmektedir (Faydalıoğlu ve Sürücüoğlu, 2013; Mohd Nazri vd., 2011). Farklı meyve kabuklarının yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ve bu kabuklardan antimikrobiyal madde üretilebileceği bildirilmiştir (Kılınç vd., 2018). Ertürk ve Taş (2011) tarafından yedi deniz alg türünün etanol ekstraktlarında da bizim çalışmamızda olduğu gibi yüksek antimikrobiyal etki tespit edilmiştir. Güven ve Yacoubou (2018) tarafından Benin tıbbi bitkilerinin antimikrobiyal etkilerini belirlediği çalışmada metanol ve etanol gibi organik çözücü ekstraktlarının daha yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Bu durumun aromatik ve doyurulmuş organik bileşikleri daha büyük miktarlarda içermelerinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Aslanpençesi (*Alchemilla ellenbergiana*) ekstraktlarının antimikrobiyal özelliklerinin belirlendiği çalışmada da en yüksek antimikrobiyal etki etanol ekstresinde tespit edilmiştir (Acet ve Özcan, 2018). Benzer sonuçlar *Pistacia vera* L.'nin dış kabuğunun antimikrobiyal etkisinde de görülmüştür (İnci ve Kırbağ, 2019).

Tablo 1. Farklı Çözücülerdeki Bitki Ekstraktlarının Agar Diffüzyon Tekniği ile Belirlenen Antimikrobiyal Analiz Sonuçları

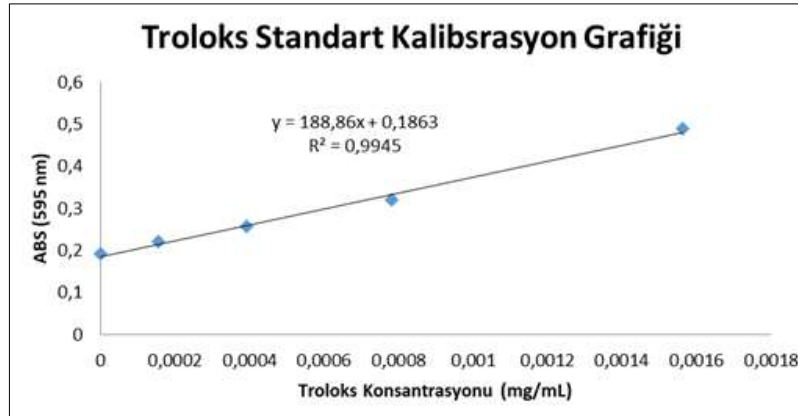
Numuneler	Metanol ekstraktı (Ort±S.S)	Etanol ekstraktı (Ort±S.S)	Su ekstraktı (Ort±S.S)	A Antibiyotik
<i>S. aureus</i>	11,256± 0,030551	20,796±0,056862	17,85±0,049329	41,96±0,01
<i>B. cereus</i>	6±0	6±0	6±0	41±0,01
<i>L. monocytogenes</i>	11,303± 0,032146	21,8±0,194679	6±0	50±0,01
<i>E. coli</i>	13,383±0,049329	11,553±0,5745009	6±0	42±0,01
<i>C. freundii</i>	12,04333±0,169214	16,796±0,090185	10,44333±0,475009	38±0,01
<i>P. aeruginosa</i>	15,676±0,100167	20,596±0,110151	6±0	34,75±0,01
<i>Candida albicans</i>	18,46±0,44911	22,466±0,591805	6±0	8±0,01
<i>S. cerevisiae</i>	6±0	15,566±0,551936	6±0	32±0,01

Antioksidan Kapasite Sonuçları

Tablo 2'de *D. kaki* meyve kabuğu örneklerinin metanol, etanol ve su ekstraktlarında belirlenen total fenolik madde, DPPH radikali giderme aktivitesi ve demir (III) indirgeme/FRAP antioksidan kapasite tayin değerleri verilmiştir. Hazırlanan ekstraktların toplam fenolik içerikleri (TFİ) gallik asit (GA) eşdeğeri olarak (mg GAE/g numune) hesaplanmıştır. Bunun için ilk önce belirli konsantrasyon aralığında (0.001-0.027 mg/mL) gallik asit ile yapılan deneme sonrasında gallik asit çalışma grafiği oluşturularak (Şekil 4) bu grafiğin doğru denkleminde bilinmeyen numunelerdeki toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır. Bu işlemler sırasıyla tüm ekstraktlar için yapılmıştır. Örneklerin demir indirgeme antioksidan güç (FRAP) değerlerini hesaplayabilmek için ilk olarak standart olarak kullanılan troloksun değişen konsantrasyonları için işlem gerçekleştirilmiş ve troloks kullanılarak elde edilen absorbans değerlerinin konsantrasyonlarına göre grafiğe geçirildikten sonra (Şekil 5) elde edilen grafiğin doğru denkleminde yararlanılarak aynı koşullar altında test edilen bütün ekstraktlar için de FRAP değerleri troloks eşdeğeri olarak ($\mu\text{molTXE/g}$ numune) hesaplanmıştır.



Şekil 4. Ekstraktların TFİ Miktarlarının Hesaplanması için Çizilen GA Kalibrasyon Grafiği



Şekil 5. Örneklerin FRAP Değerlerinin Hesaplanması için Çizilen Troloks Kalibrasyon Grafiği

D. kaki meyve kabuğu örneklerinin metanol, etanol ve su ekstraktlarının toplam fenolik madde, DPPH radikali giderme aktivitesi ve demir (III) indirgeme/FRAP antioksidan kapasite tayin değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'ye bakıldığında en yüksek fenolik asit bileşiği su örneğinde, en düşük fenolik asit bileşiği ise etanol örneğinde çıkmıştır. Ortamdaki DPPH radikalini süpürme yüzdesi en yüksek metanol örneklerinde, en düşük etanol örneklerinde tespit edilmiştir. FRAP değeri en yüksek su, en düşük etanol örneğinde belirlenmiştir.

Tablo 2. *D. kaki* Meyve Kabuğu Örneklerinin Toplam Fenolik Madde, DPPH Radikali Giderme Aktivitesi ve Demir (III) İndirgeme/FRAP Antioksidan Kapasite Tayin Değerleri

Ekstrakt	Toplam Fenolik mg/mL GA	DPPH 1mg/mL % süpürme	FRAP μ mol /mg TXE
Metanol	2.56	36.8	20.473
Etanol	1.185	15.56	7.06
Su	3.095	23.89	25.82

Meyve ve sebzeler günlük beslenmemizde gerekli olan önemli vitamin, mineral ve lif kaynaklarıdır. Ne yazık ki, dünya çapında üretilen meyve ve sebzelerin yarısı çevresel sorunlara neden olan atık olarak son bulmaktadır (Coman vd., 2020). Bununla beraber meyve ve sebze kabukları, bitkilerin kök, yaprak ve kabukları önemli bir boyutta tarımsal atık problemi ortaya çıkarmaktadır (Ashoush ve Gadallah, 2011). Meyvelerin kabukları diğer kısımlarına göre daha fazla biyoaktif bileşenlere sahiptir (Lim vd., 2006). Antioksidanların insan savunma sisteminde, birçok dejeneratif hastalığa neden olduğu bilinen reaktif oksijen türlerinin hasarına karşı korumada önemli rol oynadığına inanılmaktadır (Dumanovic vd. 2021). Meyve kabuklarının daha fazla oranda antioksidanca zengin fitokimyasallar özellikle fenolik bileşikler içerdiği rapor edilmiştir (Ghasemi vd., 2009; Goulas ve Manganaris, 2012; Güzel ve Akpınar, 2017; Wijngaard vd., 2009). Fenolik bileşikler fitokimyasalların anahtar bileşenleridir. Yapılan çalışmada *D. kaki* meyve kabuğu örneklerinin antioksidan kapasite tayin sonuçlarına bakıldığında toplam fenolik asit ve demir (III) indirgeme/FRAP değerinin en yüksek olduğu örneklerin su ekstraktı örnekleri olduğu görülmektedir. Özbucak vd. (2022) tarafından *Ornithogalum sigmoideum* Freyn & Sint. bitkisinde yapılan çalışmada da en yüksek fenolik asit ve FRAP içeriğine su ekstraktı örneklerinin sahip olduğu belirtilmiştir. En yüksek DPPH radikali giderme aktivitesi ise metanol ekstraktında belirlenmiştir. Benzer sonuç İran'dan toplanan *O. cuspidatum* Bertol üzerinde yapılan çalışma ile de uyum göstermektedir. Bahsi geçen çalışmada *O. cuspidatum* bitkisinin n-hekzan, etil asetat, metanol ve su ekstraktları hazırlanmış olup DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi bu 4 farklı ekstrakt arasında en yüksek oranda metanol ekstraktında olduğu rapor edilmiştir (Dastan ve Aliahmadi, 2015). Antioksidan aktiviteden sorumlu fenolik bileşikler farklı çözeltilerde farklı kimyasal özelliklere sahip olabilirler. Ayrıca bitki materyalinin ekstraksiyonunda kullanılan çözücünün polaritesi de önemli olmaktadır. O nedenle bitkisel kaynaklardan fenolik bileşiklerin eldesi için genel bir ekstraksiyon metodu önerilemez (Sağlam, 2021).

GC-MS Analiz Sonuçları

Çalışılan meyve kabuğu numunelerinde bulunan bileşenleri belirlemek amacıyla yapılan GC-MS analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında kabuğun yaklaşık %50 oranında yağ türevli bileşenler içerdiği görülmektedir. En yüksek oranda bulunan bileşen %26,89 ile Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, en düşük bulunan ise 0,86'lık oran ile Docosane isimli bir alkandır.

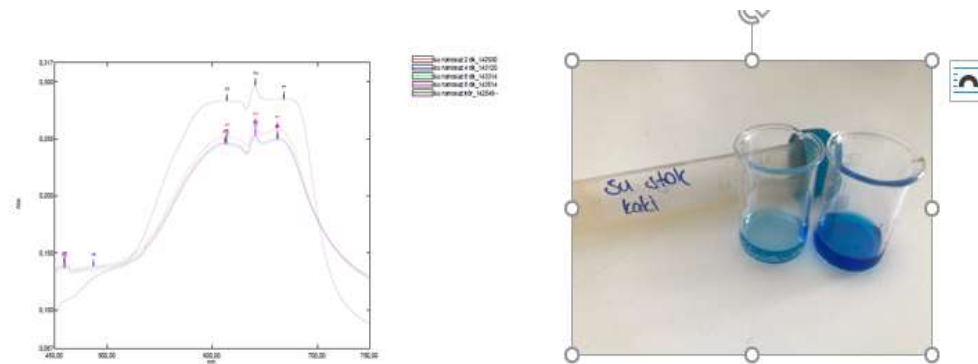
Tablo 3. Meyve Kabuklarının Etanol Ekstraktı ile Hazırlanan Örneklerinin GC Analiz Sonuçları

Pikin geldiği süre	% Kompozisyon	Bileşen
3,103	3,04	1,2,3-Propanetriol (CAS)
3,157	1,32	Formic acid, 2-propenyl ester (CAS)
3,581	1,07	2,4(1H,3H)-Pyrimidinedione, 5-methyl- (CAS)
3,964	5,66	2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one
4,019	16,7	Benzoic acid (CAS)
4,092	1,78	Azetidine, 1,1'-methylenebis[2-methyl-
4,171	1,25	Gamma. Heptalactone
4,268	1,42	2H-Pyran-2-methanol, tetrahydro- (CAS)
5,669	4,55	Guanosine (CAS)
6,093	0,94	Tetradecane (CAS)
6,289	3,65	Phenol, 2,4-Bis(1,1-Dimethylethyl)-
6,499	0,86	Docosane (CAS)
10,89	4,73	n-Hexadecanoic acid
12,91	10,85	Octadecanoic acid
13,986	1,37	Azacyclotridecan-2-one (CAS)
16,04	4,33	Hexadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester (CAS)
17,691	26,89	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester (CAS)
18,18	9,58	9-octadecenamide

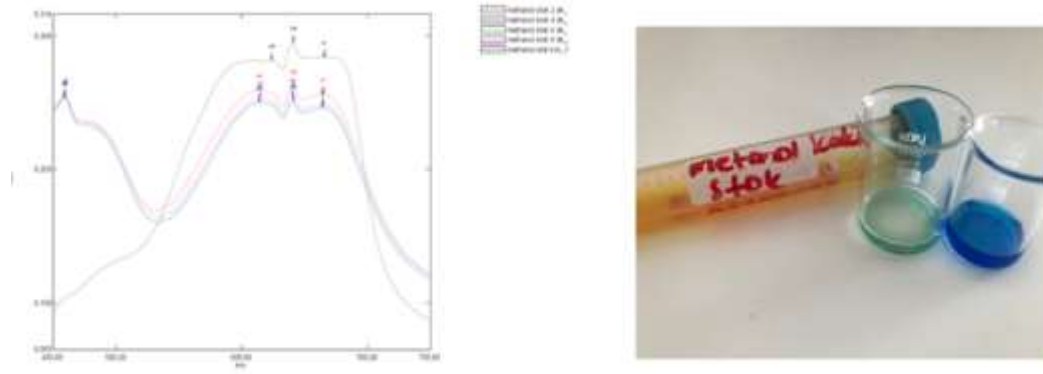
Mevcut çalışmada Trabzon hurması meyve kabuklarının GC-MS analiz sonuçlarına bakıldığında yaklaşık %50 kadar bir oranda ester ve türevi bileşenlere sahip olduğu görülmektedir. *Elettaria cardamom* L. bitkisinde biyosentezden sorumlu bileşenin esterler olduğu bildirilmiştir (Rajeshkumar ve Bharath, 2017).

Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonları Sonuçları

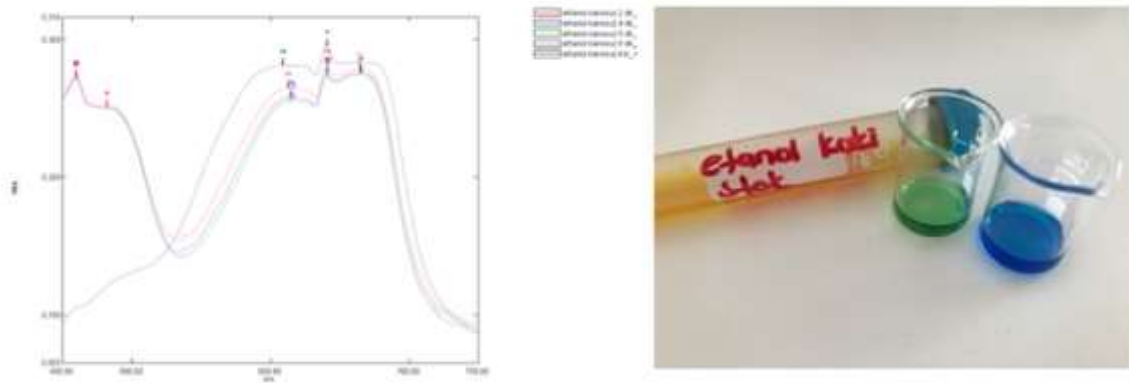
Trabzon hurması meyve kabuklarından hazırlanan ekstraktlardan metilen mavisi boyasının bozunma reaksiyonları metanol, etanol ve su ekstraktlarında 4. dakikada gerçekleşmiştir. Şekil 6-8'de ekstraktların metilen mavisinin indirgenme reaksiyonlarını gösteren UV-Vis grafikleri ve renk değişikliği fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 6. Su Ekstraktı Örneklerinin Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonlarının UV-Vis Grafikleri (4. Dakikada Bozunma) ve Metilen Mavisi Boyasındaki Renk Değişikliği



Şekil 7. Metanol Ekstraktı Örneklerinin Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonlarının UV-Vis Grafikleri (4. Dakikada Bozunma) ve Metilen Mavisi Boyasındaki Renk Değişikliği



Şekil 8. Etanol Ekstraktı Örneklerinin Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonlarının UV-Vis Grafikleri (4. Dakikada Bozunma) ve Metilen Mavisi Boyasındaki Renk Değişikliği

Çalışma kapsamında hazırladığımız bütün bitki ekstraktları katalizör olarak kullanılarak metilen mavisi boyasının indirgenme reaksiyonları gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde ve dünyada endüstriyel kökenli kirlilik kaynakları başında boyalar gelmektedir. Bu maddelerin herhangi bir arıtma işleminden geçmeden alıcı ortama bırakılması başta ekolojik dengenin bozulması olmak üzere birçok çevre sorununa neden olmaktadır (Cesur Özcan, 2019). Tekstil ve boya endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan metilen mavisi boyası da sucul ortamlara karışarak hem karıştığı ortama hem de orada yaşayan canlılara zarar vermektedir. Atık sulardan kirleticilerin özellikle boyaların uzaklaştırılmasında bitkisel kökenli materyallerin katalitik performansı dikkat çekmektedir (Al-Tohamy, 2021). Şahin ve Gübbük (2019) tarafından boyaların kataliz işlemlerinin çok uzun sürebileceği belirtilmiştir. Oysa bizim çalışmamızda 4 dk. gibi çok kısa bir zamanda metilen mavisi boyasının bozunduğu görülmüştür. Çalışılan örnekler içerisinde gerek gösterdiği UV-VIS pikleri gerekse boya renginin açılması açısından metanol ekstraktlarının en iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Yalçın (2005) tarafından yapılan çalışmada pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğunun atık sulardan boya gideriminde kullanılabilecek nitelikte olduğu belirtilmiştir. Atık sulardan bazı boyaların gideriminde ay çekirdeği kabuğunun yüksek potansiyele sahip bir adsorbant olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Cesur, 2019). Bununla beraber bakteri ve fungus gibi bazı mikroorganizmaların da boya gideriminde başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmektedir (Çelebi, 2013; Rezaei, 2014).

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada ilk defa Trabzon hurması meyve kabuğunun farklı çözücülerde hazırlanan ekstraktlarının antimikrobiyal, antioksidan ve metilen mavisi boyasını indirgeme potansiyeli incelenmiştir. Çalışılan bitki ekstraktlarının antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri

kullanılan çözücülere göre farklılık göstermekle beraber, en yüksek antimikrobiyal etki etanol ekstraktı örneklerinde görülmüştür. Bu durum örnekte büyük oranda olduğunu belirlediğimiz güçlü bir antimikrobiyal ajan olan Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl adı verilen yağ asidinden kaynaklanmış olabilir. Antioksidan kapasitesi açısından en yüksek değerler su ekstraktı örneklerinde görülmüştür. Metilen mavisi boyasının bozunması ve boyanın renginin berraklaşması en iyi metanol ekstraktında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan farklı parametrelerden elde edilen sonuçlara göre, en yüksek antimikrobiyal etki gösteren etanol ekstraktı örneklerinden içerdiği büyük orandaki yağ asidi içeriği de düşünülerek antimikrobiyal özellikte yara bandı, yüzey temizleyicisi ve el dezenfektanı gibi alternatif malzemeler üretilebilir. En yüksek antioksidan kapasiteye sahip su örnekleri fonksiyonel gıda üretiminde ham madde olarak kullanılabilir. Metilen mavisi boyası indirgenmesinde en iyi sonuçları veren metanol örnekleri özellikle bu tür boyaları kullanan endüstri kuruluşlarında boyaların sulara karışmadan önce ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayacak nanofiltrelerin yapımında ham madde olarak kullanılabilir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışmada yer alan antimikrobiyal ve antioksidan analizlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı Ordu Üniversitesi Öğretim Üyeleri Doç. Dr. Ömer ERTÜRK ve Doç. Dr. Melek Çol'a çok teşekkür ederiz.

Yazar Katkısı

Tuğba Özbucak, deneysel ortamını hazırladı ve deneysel süreci takip etti. Sinem Dağ ve Görkem Gürkan, analizlerin yapılması ve verilerin toplanmasını gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Tuğba ÖZBUCAK  <https://orcid.org/0000-0002-4784-3537>

Sinem DAĞ  <https://orcid.org/0000-0002-1479-4185>

Görkem GÜRKAN  <https://orcid.org/0000-0002-7758-1320>

Kaynaklar

Acet, T. ve Özcan, K. (2018). Aslanpençesi (*Alchemilla ellenbergiana*) ekstrelerinin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 113-121. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.308430>

Al-Tohamy, R., Ali, S.S., Li, F., Okasha, K.M., Mahmoud, Y.A.G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y. ve Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>

Arslan, R., Tozluoğlu, A., Sertkaya, S., Fidan, H. ve Küçük, S. (2021). Atık sularda boya giderimi için fonksiyonellenmiş nanoselüloz esaslı adsorbanlar. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 148-160. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.830601>

- Ashoush, I.S. ve Gadallah, M. G. E. (2011). Utilization of Mango Peels and Seed Kernels Powders as Sources of Phytochemicals in Biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(1), 35-42. <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/155831008/155831008.pdf>
- Benzie, I.F.F. ve Strain, J. J. (1999). Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Academic Press*, 299, 15–27. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99005-5](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99005-5)
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- Coman, V., Teleky, B. E., Mitrea, L., Martău, G. A., Szabo, K., Călinoiu, L. F. ve Vodnar, D. C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in Food And Nutrition Research*, 91, 157-225. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.07.001>
- Cesur, Ö. (2019). *Çevre dostu ve düşük maliyetli adsorbent kullanılarak atık sulardan boya giderimi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi.
- Dastan D ve Aliahmadi A. (2015). Antioxidant and antibacterial studies on different extracts of *Ornithogalum cuspidatum* Bertol from Iran. *Biological Forum-An International Journal*, 7(2), 1072-1075. [https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/176%20DARA%20DASTAN%20\(1\).pdf](https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/176%20DARA%20DASTAN%20(1).pdf)
- Dumanović, J., Nepovimova, E., Natić, M., Kuča, K. ve Jačević, V. (2021). The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview. *Frontiers in Plant Science*, 11, 552969. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.552969>
- Ertürk, Ö. (2006). Antibacterial and antifungal activity of ethanolic extracts from eleven spice plants. *Biologia*, 61(3), 275-278. <https://doi.org/10.2478/s11756-006-0050-8>
- Ertürk, Ö., Aydın, G. ve Ayvaz, M. Ç. (2020). *Hypericum perforatum* L. esansiyel yağının in vitro antimikrobiyal, antioksidan aktivite ve kimyasal karakterizasyonu. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 330-339. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.702853>
- Faydalıoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M. (2013). Tibbi ve aromatik bitkilerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve kullanım olanakları. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 6(2), 233-265. <https://dergipark.org.tr/en/pub/erzifbed/issue/6027/80707>
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y. ve Ebrahimzadeh, M. A., 2009. Antioxidant Activity, Phenol And Flavonoid Contents of 13 Citrus Species Peels And Tissues. *Pak. J. Pharm. Sci.*, 22(3). 277-281. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/emr-101072>
- Goulas, V. ve Manganaris, G.A., 2012. Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of Citrus fruits grown in Cyprus. *Food Chem.*, 131, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.007>
- Gutés, A., Céspedes, F., Alegret, S. ve Del Valle, M. (2005). Determination of phenolic compounds by a polyphenol oxidase amperometric biosensor and artificial neural network analysis. *Biosensors and Bioelectronics*, 20(8), 1668-1673. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2004.07.026>
- Güzel, M. ve Akpınar, Ö. (2017). Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Güfbed/Gustij*, 7(2), 153-167. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gumusfenbil/issue/30393/277952>
- Gündoğdu, M. (2019). Effect of rootstocks on phytochemical properties of apricot fruit. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(1), 1-10. <https://doi.org/10.3906/tar-1803-99>
- Hepşen Türkay, F. Ş. (2010). *Fındık zürufu ve arıtma çamurunun solucanlar ile kompostlanması ve elde edilen vermikompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde*

- meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Ondokuzmayıs Üniversitesi.
- Iwanami, H., M. Yamada ve A. Sato (2002). A great increase of soluble solids concentration by shallow concentric skin cracks in Japanese persimmon. *Scientia Horticulturae*, 94(3-4), 251-256. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00381-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00381-8)
- Karakasova L, Babanouska- Milenkouska F, Lazou M, Karakasov B. ve Stojanova M. (2013). Quality properties of solar dried persimmon (*Diospyros kaki*), *J Hygienic Eng Des.*, 4, 54-59. <https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2020/07/09.-Full-paper-Ljubica-Karakasova.pdf>
- Kayranlı, B, (2011) Adsorption of textile dyes onto iron based waterworks sludge from aqueous solution: Isotherm, kinetic and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*, 173, 782-791. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.08.051>
- Kırbağ, S. ve Zengin, F. (2006). Elâzığ yöresindeki bazı tıbbi bitkilerin antimikrobiyal aktiviteleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 77-80. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/204860>
- Kitagawa, H. ve P. G. Glucina (1984). *Persimmon culture in New Zeland*. DSIR Information Series No. 159, Science Information Publishing Centre, Agaccess.
- Lim, Y. Y., Lim T. T. ve Tee J. J., (2006). Antioxidant properties of guava fruit: Comparison with some local fruits. *Sunway Academic Journal*, 3, 9-20. <https://core.ac.uk/download/pdf/148366314.pdf>
- Mohd Nazri, N. A. A., Ahmat. N., Adnan. A., Syed, S. A. ve Syaripah, S. A. (2011). In vitro antibacterial and radical scavenging activities of Malaysian table salad. *African Journal of Biotechnology*, 10(30), 5728-35. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/94445>
- Onur, C. (1990). Trabzon Hurması. *Derim* (Özel Sayısı), 7(1), 4-47.
- Özbucak, T. B., Karatas, T. ve Ayvaz, M. Ç. (2022). Effects of different ecological and phenological factors on antioxidant activity and phenolic content of *Ornithogalum sigmoideum* Freyn & Sint. from Turkey. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*, 60(05), 322-330. <http://op.niscpr.res.in/index.php/IJEB/article/view/62916>
- Özcan, M. (2005). *Trabzon hurması yetiştiriciliği*. Hasad Yayınları.
- Piccin, J. S, Gomes, C. S, Feris, L. A. ve Gutterres, M. (2012). Kinetics and isotherms of leather dye adsorption by tannery solid waste. *Chemical Engineering Journal*, 183, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.12.013>
- Pu, Z. H., Zhang, Y. Q., Yin, Z. Q., Jiao, X. U., Jia, R. Y., Yang, L. U. ve Fan, Yang (2010). Antibacterial activity of 9-octadecanoic acid-hexadecanoic acid-tetrahydrofuran-3, 4-diyl ester from neem oil. *Agricultural Sciences in China*, 9(8), 1236-1240. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60212-1](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60212-1)
- Rajeshkumar, S. ve Bharath, L. V. (2017). Mechanism of plant-mediated synthesis of silver nanoparticles—a review on biomolecules involved, characterisation and antibacterial activity. *Chemico-biological Interactions*, 273, 219-227. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.06.019>
- Rezaei, S. (2014). *Çeşitli fungus türlerinin bazı tekstil boya atıklarının renk giderimi üzerine etkisinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Şahin, M. ve Gübbük, İ. H. (2019). Green synthesis of antioxidant silver and platinum nanoparticles using ginger and turmeric extracts and investigation of their catalytic activity. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 6(3), 403-410. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.497440>

- Wang W, Fu S, Peng Y, Zheng X, Ratulainen EA (2018) A prediction model for grafting Reactive Red 120 on nanocellulose. *BioResources*, 13(4), 8814-8822. <https://doi.org/10.15376/BIORES.13.4.8814-8822>
- Wijngaard, H. H., Röβle, C. ve Brunton, N. (2009). A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 116, 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.033>
- Yacoubou, A. (2020). *Benin tıbbi bitkilerinin antimikrobiyal etkili nanopartikül sentezleme yeteneklerinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksekisans tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Yalçın, P. (2005). *Tekstil boyalarının giderimine tarımsal atık kullanımı* [Yayınlanmamış yüksekisans tezi]. İnönü Üniversitesi.
- Yaman, K. (2012). Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 339-348. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastorman/issue/17233/180035>
- Yıldız, E., Kaplankıran, M. ve Toplu, C. (2012). Genetik kaynaklarımızda yer alan bir meyve türü: Yeşil hurma (*Diospyros oleifera* Cheng). *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 41-46. http://www.mku.edu.tr/files/22_dosya_1342092733.pdf#page=45
- Yıldız Akbulut, E. (2021). *Farklı koşullarda kurutulan Trabzon hurması (Diospyros Kaki) ve kivinin (Actinidia deliciosa) bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametrelerinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksekisans tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Yonemori, K., A. Sugiura ve M. Yamada (2000). Persimmon genetics and breeding. *Plant Breeding Reviews*, 19(6), 191-225. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063179622>

Effect of Photoperiod, Plant Growth Regulators and Explant Size on *In Vitro* Bulblet Formation in Snowdrop

Betül Başeli¹, Mehmet Muharrem Özcan¹, Şevket Metin Kara²

¹University of Ordu, Department of Field Crops, Institute of Science, Ordu

²University of Ordu, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 08.09.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 16.11.2022

Abstract

Plant tissue culture techniques have a widespread usage in rapid, easy and continuous propagation of bulbous and tuberous plants, called geophytes. The genus *Galanthus* (commonly called snowdrops), perennial bulbiferous geophytes belonging the *Amaryllidaceae* family, contain several high-value alkaloids with pharmaceutical use to treat Alzheimer's disease. The objective of this study was to assess the effect of photoperiod, plant growth regulators and explant size on *in vitro* bulblet formation in snowdrop (*Galanthus woronowii*). Bulb twin-scale explants were cultured on MS medium containing different combinations of BAP with various concentrations of NAA, IAA and IBA under 16/8 h light/dark and 24 h dark conditions. Effect of plant growth regulators was significant on the number of bulblet, bulblet diameter, bulblet weight, and the number of bulblet bigger than 5 mm in diameter. Continuous dark application resulted in highly significant increases in bulblet formation, as compared to light treatment. The maximum number of bulblet (4.83) was recorded from 4-piece explants treated with 2 mg l⁻¹ BAP+0.1 mg l⁻¹ NAA hormone combination kept in 24 h dark condition. Dark treatment resulted in an increase of 57.33% in the number of bulblet bigger than 5 mm in diameter. Explant size showed no effect on any of the attributes studied. In conclusion, this study revealed that 24 h dark treatment has a very important positive effect on *in vitro* bulblet formation in snowdrop.

Keywords: bulbous plants, galanthus woronowii, geophyte, micropropagation, tissue culture

Fotoperyot, Bitki büyüme Düzenleyicileri ve Eksplant Büyüklüğünün Kardelende *In Vitro* Soğancık Oluşumuna Etkisi

Öz

Geofit olarak adlandırılan soğanlı ve yumru bitkilerin hızlı, kolay ve seri üretiminde bitki doku kültürü teknikleri çok yaygın olarak kullanılmaktadır. *Amaryllidaceae* familyası içinde yer alan *Galanthus* (Kardelen) cinsi, Alzheimer hastalığının tedavisinde kullanım potansiyeli olan yüksek değerli alkaloidler içermektedir. Bu araştırma, fotoperyot, bitki büyüme düzenleyicileri ve eksplant büyüklüğünün *Galanthus woronowii* kardelen türünde *in vitro* soğancık oluşumu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Eksplant kaynağı olarak kullanılan çift soğan pulları BAP'ın farklı dozlarında NAA, IAA ve IBA ile oluşturduğu hormon kombinasyonları ilave edilen MS ortamında, 16/8 saat aydınlık/karanlık ve 24 saat karanlık şartlarda kültüre alınmıştır. Bitki büyüme düzenleyicilerin soğancık sayısı, soğancık çapı, çapı 5 mm ve üzerinde olan soğancık sayısı ve soğancık ağırlığı üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Sürekli karanlık uygulaması soğancık oluşumunda, 16/8 saat aydınlık/karanlık uygulamasına göre, çok önemli artışlara yol açmıştır. En yüksek soğancık sayısı (4.83) 24 saat karanlıkta tutulan ve 2 mg l⁻¹ BAP+0.1 mg l⁻¹ NAA ilave edilen MS ortamındaki dört parçalı eksplantlardan alınmıştır. Karanlık uygulaması çapı 5 mm ve üzerinde olan soğancık sayısında %57.33'lük bir artışa yol açmıştır. Eksplant büyüklüğü çalışmada incelenen hiçbir özellikte önemli farklılık oluşturmamıştır. Sonuç olarak, bu çalışma 24 saat karanlık uygulamasının kardelende *in vitro* soğancık oluşumunda çok önemli olumlu etki yaptığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: doku kültürü, galanthus woronowii, geofit, mikroçoğaltım, soğanlı bitkiler

Introduction

Türkiye, located at the intersection point of the three basic floristic regions, has a very remarkable plant diversity due to its versatile soil types and climatic conditions (Avcı, 2005). It has been stated that, Türkiye's flora comprises of around 12.000 plant species with a 34.5% of endemism (Özhatay, 2005). Bulbous and tuberous plants, known as geophytes, have a considerable importance in this plant richness of the country (Kahraman, 2020; Şekeroğlu et al., 2013; Yüzbaşıoğlu, 2012).

The genus *Galanthus* (commonly known snowdrops), a member of the *Amaryllidaceae* family and often called as Kardelen in Turkish, is one of naturally grown geophytes in most part of Türkiye, with the species of *Galanthus elwesii* and *Galanthus woronowii* showing a great economic importance (Demir, 2010). *Galanthus* species are of commercial and medicinal importance as ornamental plants due to their splendid flowers and the presence of *Amaryllidaceae* alkaloids such as galantamine, tazettin and licorine (Babashpour-Asl et al., 2016b; Bores & Kosley, 1996). Galantamine alkaloid has been recently considered a good source for curing Alzheimer's disease (Ay et al., 2018; Heinrich & Teoh, 2004).

In Türkiye, geophytes are commonly collected from the natural flora, as in the most majority of medicinal and aromatic plants. Their bulbs are removed from nature habitat when the leaves are still green and usually before seed formation by removing the entire plant, leaving no plant parts that will provide further vegetative growth (Entwistle et al., 2002). Therefore, the effect of plant collection from nature has been much more negative, particularly on bulbous plants, causing their populations to gradually decrease and face with danger of extinction (Koyuncu & Ekim, 1984). *Galanthus woronowii*, native to the north-east Türkiye and the west and central Caucasus, is classified under the category of Vulnerable (VU), facing a high risk of extinction, in the Red Data Book of Turkish Plants (Ekim et al., 2000). In Türkiye, a number of legislative regulations have long been undertaken for conservation and sustainability of bulbous plants (Resmi Gazete, 2017) and a bulletin has been published in each year with a quota limitation for exporting natural bulbs (Resmi Gazete, 2021).

Snowdrop is a plant that can reproduce by seeds or vegetatively by the formation of new bulblet. It takes 4 to 5 years for snowdrop bulbs produced from seed to reach flowering size, about 4-5 cm circumference (Atay, 1996; Tıprıdamaz, 2003). Since the life cycle of snowdrop is long and its reproduction rate is low, it is of considerable importance using propagation methods that will provide easy, fast and mass production (De Klerk, 2012). In this context, tissue culture techniques are widely used in rapid and mass production of endangered plants with some problems in propagation by seed (Karaoğlu, 2010; Seydi et al., 2019).

In vitro propagation has previously been reported for various bulbous plant species such as *Galanthus elwesii* (Zencirkıran & Mengüç, 2004), *Eucomis zambesiaca* (Cheesman et al., 2010), *Galanthus woronowii* (Yüzbaşıoğlu & Dalyan, 2017), *Fritillaria imperialis* (Seydi et al., 2019), *Cyclamen persicum* (Cengiz, 2019) and *Narcissus tazetta* (Khonakdari et al., 2020).

Various explant sources such as immature embryos, ovaries, leaves, bulb scales and flowers have been reported for snowdrops and bulb-twin scales are the most commonly preferred explants (Babashpour-Asl et al., 2016a; Nasırcılar & Karaguzel, 2006; Tıprıdamaz et al., 1999). In snowdrop tissue culture studies, generally the combinations of benzyl amino purine (BAP) and naphthalene acetic acid (NAA) hormones at different doses have been used, whereas the number of studies examining effect of indole-3-acetic acid (IAA) and indole-3-butiric acid (IBA) is limited (Staikidou et al., 2006; Staikidou & Selby, 2012; Zencirkıran & Mengüç, 2004). On the other hand, it is noteworthy that tissue culture studies in snowdrops were carried out in 16/8 hour photoperiod conditions in the literature, but there were no studies on bulblet formation in continuous dark environment. In accordance with these reasons, this study was carried out to determine the effects of photoperiod, plant growth regulators and explant size on *in vitro* bulblet formation in snowdrop (*Galanthus woronowii*).

Materials and Methods

Galanthus woronowii bulbs purchased from a private commercial company dealing with the trade of bulbous plants were used as plant materials in the study. Healthy bulbs with no discolorations or scars were selected and their outer tunics were carefully removed. For surface sterilization, snowdrop bulbs were washed using running tap water for 30 min, kept on filter paper for one night and treated with 70% ethanol solution for 2 min. Then, the bulbs were placed in 2,5% sodium hypochlorite (NaOCl) solution including 2-3 drops of Tween-20 and put in a magnetic stirrer (140 rpm) for 30 min continuous stirring (Khonakdari et al., 2020). Finally, the bulbs were rinsed three times with distilled water and dried on filter paper for 10 min. All equipment and culture media used in the study were autoclaved at 1.2 atmospheric pressure and 121°C for 20 min.

Outer scales of surface-sterilized bulbs were peeled off by a scalpel and the remaining twin bulb scales were used as explants for the establishment of *in vitro* culture. Twin scale explants were divided vertically into two and four pieces of equal size and they were cultured separately. The medium used in the study was MS (Murashige & Skoog, 1962) with 30 g l⁻¹ sugar and 8 g l⁻¹ agar. The pH of the medium was adjusted to 5.60-5.80. Two- and four-pieces twin-bulb scales were cultured on MS media containing different combinations of BAP (1 and 2 mg l⁻¹) with different concentrations of NAA (0.1 and 1 mg l⁻¹), IAA (0.1 and 1 mg l⁻¹), and IBA (0.05 and 2 mg l⁻¹), resulting a total of 12 combinations. The bulb-scale explants with two- and four-pieces were then transferred into petri dishes containing prepared MS media (36 ml) supplemented with various doses of plant growth regulators. Four explants were placed in each petri dish and the explants were cultured in triplicates per treatment. After placing twin-bulb scales in petri dishes, the lids of petri dishes were closed and wrapped with cling film. The cultures were incubated in a growth chamber at 22±1°C under two different photoperiod conditions; a) 16/8 h light/dark photoperiod from white florescent lamp and b) complete dark (24 h dark) kept in petri dishes covered by aluminum folio. The number of bulblet, bulblet diameter, the number of bulblet bigger than 5 mm in diameter, and bulblet weight were measured after six months of culture.

The data obtained from the research were subjected to the analysis of variance according to a completely randomized factorial design with three replications, and the differences between the treatment means were compared by the Tukey test. Before variance analysis, all data were transformed into $\sqrt{X+1}$, since there were zero values among the data (Yurtsever, 1984). Statistical analysis and mean comparisons were carried out using the JUMP statistical package program.

Results

Snowdrop twin-scale explants cultured on MS media fortified with various concentrations of BAP, NAA, IBA, and IAA under 16/8 h light/dark and 24 h dark conditions showed variation in bulblet formation. The results of variance analysis revealed that photoperiod conditions and plant growth regulators had significant effects on bulblet number, bulblet diameter, bulblet number with ≤ 5 mm diameter, and bulblet weight (Table 1). The effect of explant size, however, was not significant on any of the characters studied. Most of the interaction effects among photoperiod (P), plant growth regulator (PGR), and explant size (ES) were also significant. *In vitro* bulblet formation occurred in all cultured explants in the study, whereas four explants produced no bulblet with ≤ 5 m diameter.

Table 1. Analysis of Variance of the Effect of Photoperiod, Plant Growth Regulators and Explant Size on Measured Characters in *Galanthus woronowii*

Source of Variations	df	Means of Squares			
		Number of Bulblet	Number of Bulblet with ≤ 5 m Diameter	Bulblet Diameter	Bulblet Weight
Photoperiod (P)	1	0.582*	0.562*	1.862*	39.093*
Plant growth regulator (PGR)	11	0.422*	0.117*	0.258*	5.054*
Explant size (ES)	1	0.087	0.014	0.067	2.664
P x PGR	11	0.375*	0.141*	0.164*	2.521
P x ES	1	1.746*	0.776*	2.330*	18.101*
PGR x ES	11	0.244*	0.098	0.117	3.981*
P x PGR x ES	11	0.282*	0.129*	0.123	1.359
Error	96	0.074	0.046	0.069	1.940

*: Significant at the 0.05 probability level.

The used photoperiod treatments (16/8 h light/dark and 24 h dark) produced very significant differences in all characters evaluated and bigger values were obtained under 24 h dark condition. The average number of bulblet and bulblet with ≤ 5 mm in light and dark environments were 1.63-2.09 and 0.61-0.96, respectively (Table 2 and 3). Continuous dark culture resulted in an increase of 28.2%, 57.4%, 40.2%, and 50.5% in bulblet number, number of bulblet with ≤ 5 mm diameter, bulblet diameter, and bulblet weight compared to 16/8 h light/dark culture, respectively (Table 4 and 5). The results indicated that there was a significant difference ($P < 0.05$) among 12 PGR treatments in all attributes studied and the highest number of bulblet (2.72) and bulblet with ≤ 5 mm diameter (1.27) were noted from the explants cultured on MS media fortified with 2.0 mg l⁻¹ BAB+0.1 mg l⁻¹ NAA (Table 2 and 3). The maximum bulblet diameter (3.07 mm) and bulblet weight (34.79 mg) were obtained from the PGR treatment of 1.0 mg l⁻¹ BAB+2.0 mg l⁻¹ IBA.

Table 2. Number of Bulblet in Two- and Four-pieces Snowdrop Twin Scale Explants Treated with Different Plant Growth Regulators at 16/8 Light/dark and 24 h Dark Conditions

Plant Growth Regulator	16/8 h light/dark			24 h dark			PGR Mean ³	
	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR - Light Mean ²	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR - Dark Mean ²		
1 mg l ⁻¹ BAP	0.1 mg l ⁻¹ NAA	2.83 a-f	1.75 a-f	2.29 A-D	0.83 e-f	1.50 a-f	1.16 BCDE	1.72 ABC
	1.0 mg l ⁻¹ NAA	3.00 a-f	2.00 a-f	2.50 ABC	2.00 a-f	2.58 a-f	2.29 A-D	2.39 AB
	0.05 mg l ⁻¹ IBA	0.75 f	0.50 f	0.62 DE	1.25 b-f	2.25 a-f	1.75 A-E	1.18 BCD
	2.0 mg l ⁻¹ IBA	1.25 a-f	2.00 a-f	1.62 A-E	2.83 a-f	2.33 a-f	2.58 ABC	2.10 ABC
	0.1 mg l ⁻¹ IAA	0.83 ef	2.25 a-f	1.54 A-E	0.66 f	1.00 c-f	0.83 CDE	1.18 BCD
2 mg l ⁻¹ BAP	1.0 mg l ⁻¹ IAA	2.00 a-f	1.16 def	1.58 B-E	4.58 abc	3.08 a-f	3.83 A	2.70 A
	0.1 mg l ⁻¹ NAA	4.08 a-e	0.50 f	2.29 A-D	1.50 a-f	4.83 a	3.16 AB	2.72 A
	1.0 mg l ⁻¹ NAA	4.58 abc	1.50 a-f	3.04 AB	0.66 f	1.66 a-f	1.16 B-E	2.10 ABC
	0.05 mg l ⁻¹ IBA	1.25 a-f	0.33 f	0.79 CDE	2.50 a-f	3.00 a-f	2.75 ABC	1.77 ABC
	2.0 mg l ⁻¹ IBA	2.00 a-f	1.91 a-f	1.95 A-D	1.33 a-f	2.75 a-f	2.04 A-D	2.00 ABC
1.0 mg l ⁻¹ IAA	0.25 f	0.25 f	0.25 E	1.08 def	0.75 f	0.91 CDE		0.58 D
	0.58 f	1.75 a-f	1.16 B-E	0.50 f	4.75 ab	2.62 A-D		1.89 ABC
Photoperiod Mean ⁴			1.63 B	2.09 A				
Photoperiod-size Mean ⁵		1.95 AB	1.32 C	1.64 BC	2.54 A			

Means with different letters on the column and the row with the same number are significantly different ($p < 0.05$).

Although explant size caused significant differences in none of the attributes tested, its interaction effect with photoperiod treatments was significant for all studied traits. The data obtained in the study clearly indicated that, four-pieced explants performed so much better than two-pieced explants in continuous dark environment. The number of bulblet, bulblet diameter, and bulblet

weight in 24 h dark condition was approximately twice than 16/8 h light/dark culture. The number of bulblet with ≤ 5 mm diameter recorded in continuous dark was 2.6 times greater than that of light condition. On the other hand, two-pieced explants responded more positively to the treatment of 16/8 h light/dark photoperiod compared to continuous dark.

Table 3. Number of Bulblet (≤ 5 mm circumference) in Two- and Four-pieces Snowdrop Twin Scale Explants Treated with Different Plant Growth Regulators at 16/8 Light/dark and 24 h Dark Conditions

Plant Growth Regulator	16/8 h Light/Dark			24 h Dark			PGR - Dark Mean ²	PGR Mean ³
	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR - Light Mean ²	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR - Light Mean ²		
1 mg l ⁻¹ BAP	0.1 mg l ⁻¹ NAA	1.91 a-d	0.33 bcd	1.12 abc	0.50 a-d	0.66 a-d	0.58 abc	0.85 AB
	1.0 mg l ⁻¹ NAA	1.00 a-d	1.00 a-d	1.00 abc	1.00 a-d	0.91 a-d	0.95 abc	0.97 A
	0.05 mg l ⁻¹ IBA	0.41 bcd	--	0.20 c	0.75 abcd	0.66 a-d	0.70 abc	0.45 AB
	2.0 mg l ⁻¹ IBA	0.66 a-d	0.75 a-d	0.70 abc	0.91 a-d	1.16 a-d	1.04 abc	0.87 AB
	0,1 mg l ⁻¹ IAA	0.58 a-d	1.00 a-d	0.79 abc	0.16 bcd	0.41 bcd	0.29 bc	0.54 AB
	1.0 mg l ⁻¹ IAA	0.58 a-d	--	0.29 bc	2.16 abc	1.75 a-d	1.95 a	1.12 A
2 mg l ⁻¹ BAP	0.1 mg l ⁻¹ NAA	1.91 a-d	--	0.95 abc	0.41 bcd	2.75 a	1.58 ab	1.27 A
	1.0 mg l ⁻¹ NAA	1.08 a-d	0.58 a-d	0.83 abc	0.33 bcd	1.08 a-d	0.70 abc	0.77 AB
	0.05 mg l ⁻¹ IBA	0.41 bcd	0.33 bcd	0.37 bc	1.41 a-d	1.08 a-d	1.25 abc	0.81 AB
	2.0 mg l ⁻¹ IBA	0.41 bcd	0.25 bcd	0.33 bc	0.83 a-d	1.00 a-d	0.91 abc	0.62 AB
	0.1 mg l ⁻¹ IAA	--	0.08 cd	0.04 c	0.25 bcd	0.58 a-d	0.41 bc	0.22 B
	1.0 mg l ⁻¹ IAA	0.33 bcd	1.00 a-d	0.66 abc	0.08 cd	2.16 ab	1.12 abc	0.89 AB
Photoperiod Mean ⁴				0.61 <u>B</u>		0.96 <u>A</u>		
Photoperiod-size Mean ⁵		0.77 ^B	0.44 ^B		0.73 ^B	1.18 ^A		

Means with different letters on the column and the row with the same number are significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Bulblet Diameter (mm) in Two- and Four-pieces Snowdrop Twin Scale Explants Treated with Different Plant Growth Regulators at 16/8 Light/dark and 24 h Dark Conditions

Plant Growth Regulator	16/8 h Light/Dark			24 h Dark			PGR - Dark Mean ²	PGR Mean ³
	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR -Light Mean ²	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR - Light Mean ²		
1 mg l ⁻¹ BAP	0.1 mg l ⁻¹ NAA	3.09	1.67	2.38 abc	2.09	2.45	2,27 abc	2.32 AB
	1.0 mg l ⁻¹ NAA	2.94	2.41	2.68 ab	2.85	2.65	2.75 ab	2.71 A
	0.05 mg l ⁻¹ IBA	1.95	0.83	1.39 bc	2.32	3.12	2.72 ab	2.06 AB
	2.0 mg l ⁻¹ IBA	2.83	2.20	2.51 ab	2.89	4.37	3.63 a	3.07 A
	0,1 mg l ⁻¹ IAA	2.25	4.26	3.25 ab	2.00	3.25	2.62 ab	2.94 A
	1.0 mg l ⁻¹ IAA	2.40	0.63	1.52 bc	3.24	4.54	3.89 a	2.70 A
2 mg l ⁻¹ BAP	0.1 mg l ⁻¹ NAA	3.27	0.50	1.88 abc	1.76	3.93	2.85 ab	2.36 AB
	1.0 mg l ⁻¹ NAA	2.39	2.00	2.19 abc	1.41	3.01	2.21 abc	2.20 AB
	0.05 mg l ⁻¹ IBA	1.75	1.29	1.52 bc	2.62	3.54	3.08 ab	2.30 AB
	2.0 mg l ⁻¹ IBA	2.63	1.75	2.19 abc	2.61	3.49	3.05 ab	2.62 A
	0.1 mg l ⁻¹ IAA	0.41	0.66	0.54 c	1.72	2.29	2.00 abc	1.27 B
	1.0 mg l ⁻¹ IAA	1.87	1.86	1.86 abc	1.12	3.79	2.45 ab	2.16 AB
Photoperiod Mean ⁴				1.99 <u>B</u>		2.79 <u>A</u>		
Photoperiod-size Mean ⁵		2.31 ^B	1.67 ^C		2.22 ^C	3.37 ^A		

Means with different letters on the column and the row with the same number are significantly different ($p < 0.05$).

In the study of triple interaction effect of PGRs, light conditions and explant sizes, the highest number of bulblet (4.83) and bulblet with ≤ 5 mm diameter (2.75) were recorded in four-pieced explants cultured on MS medium fortified with 2 mg l^{-1} BAP+ 0.1 mg l^{-1} NAA under 24 h dark condition. The highest bulblet diameter (4.54 mm) was obtained from four-pieced explants treated with 1 mg l^{-1} BAP+ 1 mg l^{-1} IAA under 24 h dark. The twin-scale explants with four pieces cultured on medium with 1 mg l^{-1} BAP+ 2.0 mg l^{-1} IBA under continuous dark produced the highest bulblet weight (63.33 mg).

Table 5. Bulblet Weight (mg) in Two- and Four-pieces Snowdrop Twin Scale Explants Treated with Different Plant Growth Regulators at 16/8 Light/dark and 24 h Dark Conditions

Plant Growth Regulator	16/8 h light/dark			24 h dark			PGR Mean ³	
	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR -Light Mean ²	Two Piece ¹	Four Piece ¹	PGR - Dark Mean ²		
1 mg l^{-1} BAP	0.1 mg l^{-1} NAA	33.33	15.83	24.58	32.50	20.83	25.62 AB	
	1.0 mg l^{-1} NAA	20.83	25.00	22.91	22.50	30.00	24.58 AB	
	0.05 mg l^{-1} IBA	10.00	8.33	9.16	24.16	24.16	16.66 AB	
	2.0 mg l^{-1} IBA	31.66	17.50	24.58	26.66	63.33	45.00	34.79 A
	0,1 mg l^{-1} IAA	20.00	45.83	32.91	13.33	34.16	23.75	28.33 AB
2 mg l^{-1} BAP	1.0 mg l^{-1} IAA	30.83	5.00	17.91	36.66	35.83	36.25	27.08 AB
	0.1 mg l^{-1} NAA	25.83	5.00	15.41	22.50	27.50	25.00	20.20 AB
	1.0 mg l^{-1} NAA	13.33	20.83	17.08	17.50	27.50	22.50	19.79 AB
	0.05 mg l^{-1} IBA	15.00	20.00	17.50	23.33	32.50	27.91	22.70 AB
	2.0 mg l^{-1} IBA	10.00	11.66	10.83	20.00	30.00	25.00	17.91 AB
	0.1 mg l^{-1} IAA	2.50	7.50	5.00	15.83	34.16	25.00	15.00 B
	1.0 mg l^{-1} IAA	18.33	20.00	19.16	10.00	28.33	19.16	19.16 AB
Photoperiod Mean ⁴			18.09 <u>B</u>	27.22 <u>A</u>				
Photoperiod-size Mean ⁵		19.30 ^B	16.87 ^B	22.08 ^B	32.36 ^A			

Means with different letters on the column and the row with the same number are significantly different ($p < 0.05$).

Discussion

Galanthus woronowii, a bulbous perennial plant commonly distributed in north eastern Türkiye, has a high medicinal and ornamental importance (Ay et al., 2018). But the populations of snowdrops are gradually decreasing in native habitat and facing the thread of extinction as their bulbs are excessively collected from the wild. Besides that, snowdrops require a period of 4-5 years for the formation of a new-mature bulb in its natural environment (Yüzbaşıoğlu & Dalyan, 2017). Therefore, rapid and easy reproduction methods are needed for the mass production of these precious species (Ulus & Seydioğlu, 2006). Over the last 25 years, it has proven that *in vitro* techniques have a great potential in the production of bulbous and tuberous plants (Kahraman, 2020; Özdemir et al. 2016). Previous studies in bulbous plants revealed that growth regulators, photoperiod, and explant type are the factors with the greatest effect (Akyüz, 2018; Khonakdari et al., 2020).

Photoperiod is one of the most important environmental factors in tissue culture studies, and its effect may differ depending on the explant source and type of plant growth regulator. In geophytes, the response of plants to the photoperiod can generally be in three ways; 1) dark inhibits bulb-tuber development, 2) dark encourages bulb-tuber development, and 3) both light and darkness are required for bulb-tuber development (Ascough et al., 2008). The findings of the present study reveal that there are very significant increases in all measured attributes in the dark environment as compared to the light environment. In the dark environment, the number of bulblet increased by 28.22% compared to the 16/8 h light/dark condition, while the increase in the bulblet diameter, the

number of bulblet with ≤ 5 mm diameter, and bulblet weight were 40.20%, 57.33% and 23.28%, respectively. These findings indicate that continuous dark application promotes *in vitro* bulblet formation in *Galanthus woronowii*.

Since there is no study conducted on snowdrops in continuous dark in the literature, it was not possible to make a comparative evaluation of the data obtained from our study with the literature findings. In *Eucomis zambesiaca* Baker species, a bulbous plant in the family *Asparagaceae*, it was reported that the dark environment prevented the formation of bulblet and 8-hour light condition produced the highest bulblet number (Cheesman et al., 2010). In contrast, continuous dark application in *Hyacinthus orientalis* promoted bulblet formation and resulted in an increase in the number and diameter of bulblet (Economou & Read, 1987). A study in *Narcissus Tazetta* L., a bulbous plant from the *Amaryllidaceae* family, showed that 16/8 h light/dark photoperiod treatment resulted in significant increases in bulblet and leaf number, leaf length, and galantamine content compared to 24 h dark (Khonakdari et al., 2020). Similarly, there are some research results indicating that photoperiod application promotes bulblet formation in geophytes (Rice et al., 2011). On the contrary, in *Hyacinthus orientalis* (Kim et al., 1981) and in *Lilium longiflorum* (Kumar et al., 2006) species, the highest number of bulblet was obtained from the explants cultured in complete darkness, supporting the findings of our study. Differences between research results may be caused by a number of factors such as plant species, genotype, plant growth regulator used and explant type. Therefore, it is of considerable importance to conduct further studies to fully reveal the effect of photoperiod and continuous dark treatments on bulblet formation in snowdrops and other geophytes.

The type and concentration of PGRs are supposed to be the most second important factor affecting *in vitro* bulblet formation in bulbous plants (Khonakdari et al., 2020). The effects of growth regulators on bulblet formation may be low when used alone, but their effects increase when several of them are used together (Öztürk, 2021). According to literature reports, different plant hormone combinations containing benzyl amino purine (BAP), naphthalene acetic acid (NAA), indole butyric acid (IBA), and indole acetic acid (IAA) were commonly used in studies for the formation of bulblet in snowdrops (Nasırcılar & Karagüzel 2006; Staikidou et al. 2006; Tıprıdamaz et al. 1999). It has been reported that using BAP as cytokinin and NAA as auxin source in snowdrops had higher effect on *in vitro* bulblet formation due to the synergetic effect between them, which is consistent with the results of this study (Staikidou & Selby, 2012; Yüzbaşı & Dalyan, 2017). Similarly, it has been suggested that the auxin type has a very important role in *G. nivalis* and that bulblet formation is encouraged especially in high doses of NAA alone or in combination with IAA (Resetár et al., 2014). On the other hand, Zencirkıran and Mengüç (2004) report that IBA is more suitable than IAA as an auxin in *G. elvesii* species. In a study conducted in the *G. transcaucasicus* species, the highest bulblet number was obtained from explants in MS medium supplemented with 2.0 mg l⁻¹ BAP and 2.0 mg l⁻¹ IBA (Babashpour-Asl et al., 2016a).

The results of the presents study revealed that explant size (with two and four pieces) did not have a significant effect on any of the traits examined, but the interactions with photoperiod and plant growth regulators were important in some traits. In our study, two-pieced explants responded more positively to the treatment of 16/8 h light/dark photoperiod compared to continuous dark. In the contrary, four-pieced explants performed interestingly so much better than two-pieced explants in continuous dark environment. The positive enhancing effect of continuous dark on particularly the number of bulblet, bulblet diameter and bulblet weight is more evident in cultures with IAA and IBA compared to NAA applications. The interactions of explant size with photoperiod and plant growth regulator can be a complex phenomenon. Thus, further studies need to be carried out to optimize the interactive effect of explant size with photoperiod and PGR.

Conclusion

Commercial and medicinal importance of snowdrops are accounted for their beautiful flowers and naturally occurring bioactive compounds, *Amaryllidaceae* alkaloids. Life cycle of snowdrops is long and production rate is rather slow, so plant cell and tissue culture provides an appealing alternative for optimizing maximum production of these plants in a relatively short time. Thus, this study aimed at describing an efficient production protocol for *in vitro* bulblet formation in *Galanthus woronowii*. The results of the present study revealed that photoperiod and plant growth regulators showed a significant effect on *in vitro* bulblet formation in *Galanthus woronowii*. In contrary, explant size caused no significant variation in any of the attributes studied. The highest number of bulblet were obtained from four-pieced bulb-scale explants cultured on MS medium fortified with 2 mg l⁻¹ BAP+0.1 mg l⁻¹ NAA under 24 h dark condition. Continuous dark treatment resulted in highly significant increases in bulblet formation, as compared to 16/8 light/dark photoperiod, with an increase of %28.2 and %57.3 in the number of bulblet and bulblet with ≤ 5 mm diameter, respectively. It is concluded that 24 h dark treatment has a very important positive effect on *in vitro* bulblet formation in snowdrop. However, it would be worthwhile to carry out further studies in order to fully optimize the effect of light and dark applications on *in vitro* bulblet formation in snowdrops.

Acknowledgement

This article is a part of the master thesis carried out by Betül Başeli, with the supervision of Şevket Metin Kara, at the Department of Field Crops of Institution of Science of Ordu university, which was supported by the Coordination Unit of Scientific Research Projets of Ordu University, with the project number of B-2011.

Author Contributions

Mehmet Muharrem Özcan, prepared and maintained experimental conditions. *Betül Başeli*, carried out the experiment, performed statistical analysis. *Şevket Metin Kara*, supervised experimental process, wrote the manuscript. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Ethics statement

There are no ethical issues concerning the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors state that there is no conflict of interest.

ORCID

Betül Başeli  <https://orcid.org/0000-0002-0662-8718>

Mehmet Muharrem Özcan  <https://orcid.org/0000-0002-3166-2678>

Şevket Metin Kara  <https://orcid.org/0000-0002-3166-2678>

References



- Akyüz, E. (2018). Bazı *Fritillaria* türlerinde *in vitro* soğancık üretimi ve dış koşullara alıştırmaya çalışmaları [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Ascough, G. D., Erwin, J. E., & Van Staden, J. (2008). *In vitro* storage organ formation of ornamental geophytes. *Horticultural Reviews*, 34, 417–445. <https://doi.org/10.1002/9780470380147.ch7>

- Avcı, M. (2005). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 13, 27-55. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/25062/264581>
- Ay, E. B., Gül M., Açıkgöz M. A., Yarılgaç, T., & Kara, S. M. (2018). Assessment of antioxidant activity of giant snowdrop (*Galanthus elwesii* Hook) extracts with their total phenol and flavonoid contents. *Indian J of Pharmaceutical Education and Research*, 51(4S), 128-132. <https://doi.org/10.5530/ijper.52.4s.88>
- Atay, S. (1996). *Soğanlı bitkiler; Türkiye'den ihracatı yapılan türlerin tanıtım ve üretim rehberi*. Doğal Hayatı Koruma Derneği Yayınları.
- Babashpour-Asl, M., Movafeghi, A., & Zare, K. (2016a). *In vitro* production of bulblet in *Galanthus transcaucasicus* Fomin, an endangered medicinal plant. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 6(2), 1-8. <https://www.researchgate.net/publication/329058764>
- Babashpour-Asl, M., Zakizadeh, H., Nazemiyeh, H., & Motallebi-Azar, A. (2016b). *In vitro* micropropagation and alkaloid production of *Galanthus transcaucasicus* Fomin. *Pharmaceutical Sciences*, 22(4), 267-271. <https://doi.org/10.15171/PS.2016.41>
- Bores, G., & Kosley, R. (1996). Galanthamine derivatives for the treatment of Alzheimer's disease. *Drugs Future*, 21(6), 621-635. <https://eurekamag.com/research/031/534/031534046.php>
- Cengiz, Ö. (2019). *Cyclamen coum* ve *Cyclamen persicum*'da farklı büyüme düzenleyicileri, eksplant tipleri ve genotipin organogenesis üzerine etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Cheesman, L., Finnie, J., & Van Staden, J. (2010). *Eucomis zambesiaca* Baker: Factors affecting *in vitro* bulblet induction. *S Afr J Bot*, 76(3), 543-549. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.04.004>
- De Klerk, G. J. (2012). Micropropagation of bulbous crops: Technology and present state. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*, 6(1), 1-8. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/530926>
- Demir, A. (2010). Türkiye'de kardelen ticareti ve politik yaklaşımlar. *Biological Diversity and Conservation*, 3(3), 111-120. <https://dergipark.org.tr/en/pub/biodicon/issue/55900/766065>
- Economou, A. S., & Read, P. E. (1987). Light treatments to improve efficiency of *in vitro* propagation systems. *HortScience*, 22, 751-754. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US880555288>
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., & Adıgüzel, N. (2000). *Türkiye bitkileri kırmızı kitabı*. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği.
- Entwistle, A., Atay, S., Byfield, A., & Oldfield, S. (2002). Alternatives for the bulb trade from Türkiye: A case study of indigenous bulb propagation. *Oryx*, 36, 33-341. <https://doi.org/10.1017/S0030605302000674>
- Heinrich, M., & Teoh, H. L. (2004). Galanthamine from snowdrop--the development of a modern drug against Alzheimer's disease from local Caucasian knowledge. *J Ethnopharmacol*, 92(2-3), 147-162. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.012>
- Kahraman, O. (2020). Use of sucrose in propagation of snowdrop bulb. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science*, 30(2), 379-385. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.680442>
- Karaoğlu, C. (2010). Soğanlı bitkiler ve *in vitro* hızlı çoğaltım. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2), 24-29. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/118447>
- Khonakdari, M. R., Rezadoost, H., Heydari, R., & Mirja, M. H. (2020). Effect of photoperiod and plant growth regulators on *in vitro* mass bulblet proliferation of *Narcissus tazetta* L. (*Amaryllidaceae*),

- a potential source of galantamine. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 142, 187–199. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01853-y>
- Kim, Y., Hasegawa, P., & Bressan, R. (1981). *In vitro* propagation of hyacinth (*Hyacinthus orientalis*). *HortScience*, 16, 645–647. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19830840843>
- Koyuncu, M. & Ekim, T. (1984). *Türkiye'nin ihraç ettiği geofitler ve bunların ekonomik önemi*. V. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı Tebliği, Ankara, Türkiye.
- Kumar S., Kanwar, J., & Sharma, D. (2006). *In vitro* propagation of Liliium. *Adv Horti Sci*, 20(2), 181-188. <https://www.jstor.org/stable/42882479>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15, 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Nasırcılar, A. G. & Karagüzel, Ö. (2006). *Galanthus elwesii* Hook. bitkisinin olgunlaşmamış embriyolarından *in vitro* soğan üretimi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 159-164. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/18141>
- Özdemir, F. A., Yıldırım, M. U, Kahriz M. P., & Kılıç, Ö. (2016). *In vitro* bulblet regeneration from *Scilla Siberica* Haw. subsp. armena (Grossh.) mordak peduncle. *Propagation of Ornamental Plants*, 16(1), 14-18. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/18377>
- Özhatay, N., Byfield, A. ve Atay, S. (2005). Türkiye'nin 122 önemli bitki alanı. WWF Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı Yayını, İstanbul.
- Öztürk, G. (2021). Kardelenin (*Galanthus woronowii*) *in vitro* rejenerasyonu. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4), 1027–1033. <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.152>
- Resetár, A., Demeter, Z., Ficsor, E., Balázs, A., Mosolygó, A., Szőke, E., Gonda, S., Papp, L., Surányi, G., & Máthé, C. (2014). Growth regulator requirement for *in vitro* embryogenic cultures of snowdrop (*Galanthus nivalis* L.) suitable for germplasm preservation. *Acta Biologica Hungarica*, 65(2), 165-177. <http://doi.org/10.1556/ABiol.65.2014.2.5>
- Resmi Gazete. (2017, 21 Mart). Doğal çiçek soğanlarının doğadan toplanması, üretimi ve ihracatına ilişkin yönetmelik (Sayı: 30014). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/03/20170321-5.htm> adresinden 21 Ağustos 2022 tarihinde alınmıştır.
- Resmi Gazete. (2021, 31 Aralık). Doğal çiçek soğanlarının 2022 yılı ihracat listesi hakkında tebliğ (Tebliğ No: 2021/46). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/12/20211231-10.htm> adresinden 21 Ağustos 2022 tarihinde alınmıştır.
- Rice, L., Finnie, J., & Van Staden, J. (2011). *In vitro* bulblet production of *Brunsvigia undulata* from twin-scales. *S Afr J Bot*, 77(2), 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.08.011>
- Seydi, S., Sedaghatoor, S., & Kaviani, B. (2019). Plants regeneration by organogenesis from bulbous explants in *Fritillaria imperialis* L., a wild rare ornamental species at the risk of extinction. *Adv. Hort. Sci.*, 33(4), 503510. <https://doi.org/10.13128/ahsc8128>
- Staikidou, I., Selby, C., & Hanks, G. (2006). Stimulation of *in vitro* bulblet growth in *Galanthus* species with sucrose and activated charcoal. *Acta Horticulturae*, 725, 421–426. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.725.57>
- Staikidou, I., & Selby, C. (2012). Effects of growth regulators and activated charcoal on *in vitro* bulblet multiplication and growth in *Galanthus nivalis* "Flore Pleno". *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87, 527–530. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512906>

- Şekeroğlu, N., Aydın, K., Gözüaçık, H. G., & Kulak, M. (2013). Kilis ilinde yetişen geofitler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 199-201. <https://www.derleme.gen.tr/index.php/derleme/article/view/146>
- Tıpırdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ş., & Çakırlar, H. (1999). Kardelenin (*Galanthus ikariae* Baker.) doku kültürü yoluyla çoğaltımı: Eksplant tipi, ortam pH'sı ve karbonhidrat kaynağının soğancık oluşumuna etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(4), 823-830. <https://search.trdizin.gov.tr/yayin/detay/25280>
- Tıpırdamaz, R. (2003). Rooting and acclimatization of *in vitro* micropropagated snowdrop (*Galanthus ikariae* Baker.) Bulbules. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 121-126. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/18261>
- Ulus, A., & Seyidoğlu, N. (2006). Bazı doğal geofitlerin doku kültürü ile üretimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56(1), 71-80. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jffiu/issue/18713/198798>
- Yurtsever, N. (1984). *Deneyisel istatistik metotlar* (Yayın no. 121). Tarım ve Orman Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Yüzbaşıoğlu, S. (2012). Morphological variations of *Galanthus elwesii* in Türkiye and difficulties on identification. *Bocconea*, 24, 335-339. <https://www.herbmedit.org/bocconea/24-335.pdf>
- Yüzbaşıoğlu, E., & Dalyan, E. (2017). Büyüme hormonları ve aktif kömürün *in vitro* koşullarda kardelen (*Galanthus woronowii* Losinsk.) soğancık oluşumuna etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(3), 239-243. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.359870>
- Zencirkıran, M., & Mengüç, A. (2004). *In vitro* propagation of *Galanthus elwesii* Hook (Snowdrop). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 18(1), 19-22. <https://doi.org/10.1080/13102818.2004.10819224>

A Study over Transformations of the Parameters of Richards Growth Model into the Biologically Meaningful Parameters

Volkan Oda¹ , Mehmet Korkmaz² , Halil Şenoğlu³ 

¹ Giresun University, Tirebolu Mehmet Bayrak Vocational High School, Finance Program, Giresun

² Ordu University, Faculty of Science and Arts, Department of Mathematics, Ordu

³ Giresun University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Giresun

Geliş Tarihi / Received Date: 05.10.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 17.11.2022

Abstract

In this study, it is explained how the Richards model, which is one of the sigmoid growth models, is transformed into a mechanical model with biologically significant parameters such as maximum growth value, lag time and maximum specific growth rate. Detail transformations of the Richards growth model containing 4 parameters with biologically significant parameters calculated with the help of the first and second derivatives were given. In order to test the accuracy of this model, the model prediction values were analyzed by using the height data of the E. Camaldulensis Dehn tree by years. The estimated values of the biologically significant parameters of Richards growth model containing 4 parameters were compared with the estimated values of the modified Gompertz, Logistic and Bertalanffy models containing the other 3 parameters. Error Sum of Squares, Coefficients of Determination and Akaike Information Criteria were used as model evaluation criteria for all proposed models, and it was concluded that the Richards growth model containing 4-parameters predicted relatively better than other models.

Keywords: richards growth model, sigmoidal growth model, mechanical model, akaike information criteria, coefficients of determination

Richards Büyüme Modelinin Parametrelerinin Biyolojik Olarak Anlamlı Parametrelere Dönüşümü Üzerine Bir Çalışma

Öz

Bu çalışmada, sigmoid büyüme modellerinden biri olan Richards modelinin maksimum büyüme değeri, gecikme süresi ve maksimum spesifik büyüme hızı gibi biyolojik olarak önemli parametrelerle mekanik bir modele nasıl dönüştürüldüğü anlatılmaktadır. Birinci ve ikinci türevler yardımıyla hesaplanan biyolojik olarak önemli 4 parametre içeren Richards büyüme modelinin detay dönüşümleri verildi. Bu modelin doğruluğunu test etmek için E. Camaldulensis Dehn ağacının yıllara göre yükseklik verileri kullanılarak model tahmin değerleri analiz edilmiştir. Biyolojik olarak önemli 4 parametrelili Richards büyüme modelinin tahmini değerleri, diğer 3 parametreyi içeren modifiye Gompertz, Logistic ve Bertalanffy modellerinin tahmin değerleri ile karşılaştırıldı. Önerilen tüm modeller için model değerlendirme kriterleri olarak Hata Kareler Toplamı, Belirleme Katsayıları ve Akaike Bilgi Kriterleri kullanılmış ve 4 parametrelili Richards büyüme modelinin diğer modellere göre nispeten daha iyi tahmin ettiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: richards büyüme modeli, sigmoidal büyüme modeli, mekanik model, akaike bilgi kriterleri, belirleme katsayıları

Introduction

Explaining growth scientifically is advantageous in many ways. The mathematical growth model should be determined according to the obtained data values. However, it is possible that the events related to growth can be interpreted and that decisions can be made (Narinc et al., 2010a).

The shape of growth curves depends on the species of the creature, its race, environmental conditions, sex, age and character of the measured character. The growth characteristics at different times are examined with the help of growth curves. Growth curve models; in the period up to the end of the growth event, have the biological meaning of parameters that explain the physiological mechanism of growth (Şenol, 2020). These parameters provide the understanding of the complex structure of the growth process and the factors affecting growth during this process. The most important benefit of growth curve models is that some information collected at different times and interpreted very difficultly can be interpreted biologically (Narinc et al., 2010b).

Detection and estimation of non-linear growth models is more difficult than linear growth models. The results are determined by means of iterations using different methods. Partial derivatives of model equations are calculated by using statistical package programs and numerical methods. These numerical approaches are used instead of analytical solutions and generally produce approximate results. In such cases, it is appropriate to directly use the partial derivatives from the numerical approaches to provide more efficient and more precise parameter estimates. The mathematical properties of growth models and the implications of growth parameters have been discussed by some researchers (Gregorczyk, 1998).

Growth models are used to estimate some unknown values of populations. There are two kinds of mathematical models. These are sigmoidal models and mechanical models. Sigmoidal models do not directly give an idea of the system and these models describe the general shape of a data set and also these models generally include parameters such as a , b , c . In these models, the parameters do not make sense directly. However, mechanical models include biologically meaningful parameters such as A , μ_m , λ where A is the maximum growth value, μ_m is maximum specific growth rate, λ is the lag time. Mechanical models also give information about the estimation of actual system characteristics such as growth rate, maximum size, displacement time, initial size (Zwietering et al., 1990).

If researchers do not have knowledge a lot about biological growth, the initial values for the parameters are difficult to estimate. For this reason, it is believed that they want to prefer mechanical models in their work. Thus, all growth models are rewritten with mathematical parameters such as A , μ_m and λ . This process is done by deriving the expression of the biological meaningful parameters as a function of the basic parameters and then placing them in the form. As a result, a biologically meaningful model has been obtained with these 3-parameters (Zwietering et al., 1990).

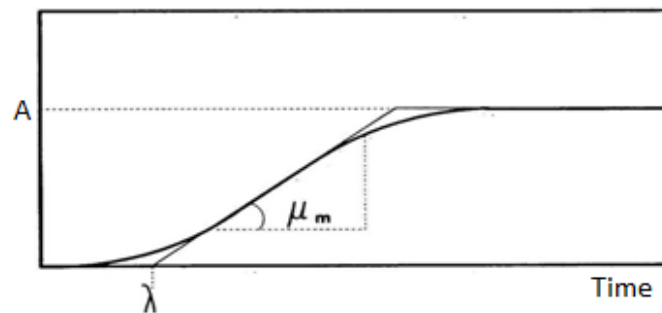


Figure 1. A Growth Curve (Zwietering et al., 1990)

In the literature, studies involving the comparison of the Richards model, which contains 4 parameters, with 3-parameter models (Gompertz, Logistic, etc.) are quite limited (Şenol et al., 2021). Therefore, the aim of this study was to compare the prediction performance of the 4-parameter Richards model with the prediction performance of the 3-parameter Modified Gompertz, Logistic and Bertalanffy models.

Material and Methods

In this study, Richards model (Richards, 1959) having 4-parameters was used to convert into mechanical models. In addition, Gompertz (Winsor,1932), Logistic (Ricker, 1979), Bertalanffy (Bertalanffy Von, 1957)] models were used to investigate the effect of the number of parameters. The calculations were done with the MAPLE package program. As a data set, the length values of *E. Camaldulensis* Dehn trees were used. Calculated values are shown in Table 1.

In this study, the data, the height growth values according to year, taken from the trees of *E. Camaldulensis* Dehn were used in Table 1. The dataset was taken from Yıldızbakan's (2005) study.

Table 1. The Height Growth Value of The Trees (*E. Camaldulensis* Dehn) according to Year

Planting Age (year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Height Growth (m)	0.41	3.23	7.45	11.41	14.83	18.11	18.95	19.69	21.50	23.40

To determine a compatible model, the following statistical indicators were determined and compared: the coefficient of determination (R^2) Eq.1, error sum of squares (SSE) Eq.2 (Draper et al., 2014) the second-order Akaike information criterion (AIC) test Eq.3 (Akaike, 1974).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (1)$$

$$SSE = \sum_{k=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

$$AIC = \begin{cases} N \ln \left(\frac{SSE}{N} \right) + 2K, & \text{when } \frac{N}{K} \geq 40 \\ N \ln \left(\frac{SSE}{N} \right) + 2K + \frac{2K(K+1)}{N-K-1}, & \text{when } \frac{N}{K} < 40 \end{cases} \quad (3)$$

where y_i is measured values, \hat{y}_i is estimated values, N is number of data point, K is number of model parameters and \bar{y}_i is the mean value.

Results and Discussion

Most of the equations describing sigmoidal growth curves include mathematical parameters (a, b, c,...) rather than the biological meaningful parameters (A , μ_m , and λ). It is difficult to estimate initial values for the parameters if they have no biological meaning. Thus, the growth models have been rewritten to substitute the mathematical parameters with A , μ_m , and λ . This was done by deriving the equations of the parameters as the biological meaningful parameters and then substituting them in the model. In the literature, Logistic model, Gompertz model, Bertalanffy model were converted step by step into the mechanistic model by Korkmaz, (2017), Oda et al. (2016), and Zwietering et al. (1990) respectively.

In this study, the mechanical model transformation of Richards model having 4-parameters will be given step by step. For the modification of the Richards equation, firstly Richards model is given as Eq. 4:

$$y = a \left[1 + v e^{b(c-t)} \right]^{-\frac{1}{v}} \quad (4)$$

where y is growth value, t is time and a, b, c and v are the parameters of the model.

To obtain the inflection point of the model, the first and the second derivatives of the model with respect to t is calculated in Eq. 5 and. 6, respectively:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{a[1+ve^{b(c-t)}]^{-\frac{1}{v}} b e^{b(c-t)}}{1+ve^{b(c-t)}} \quad (5)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{a[1+ve^{b(c-t)}]^{-\frac{1}{v}} b^2 (e^{b(c-t)})^2}{(1+ve^{b(c-t)})^2} (1+v) - \frac{a[1+ve^{b(c-t)}]^{-\frac{1}{v}} b^2 e^{b(c-t)}}{1+ve^{b(c-t)}} \quad (6)$$

At the inflection point, where $t = t_i$, the second derivative is equal to zero in Eq. 7:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 0 \rightarrow t_i = c \quad (7)$$

Now an expression for the maximum specific growth rate can be derived as follows by calculating the first derivative at the inflection point in Eq. 8:

$$\mu_m = \left(\frac{dy}{dt}\right)_{t_i} = ab(1+v)^{-\left(1+\frac{1}{v}\right)} \quad (8)$$

The parameter b in the Richards equation can be substituted as follows by using Eq. 8.

$$b = \frac{\mu_m(1+v)^{\left(1+\frac{1}{v}\right)}}{a}$$

Also, in Eq. 4 if $t = c$ then $y_i = a(1+v)^{\left(-\frac{1}{v}\right)}$.

The description of the tangent line through the inflection point is:

$$y = \mu_m \cdot t + a(1+v)^{\left(-\frac{1}{v}\right)} - \mu_m \cdot t_i \quad (9)$$

The lag time is defined as the t -axis intercept of the tangent through the inflection point:

$y=0$ and $t=\lambda$ are written in Eq. 9, so we obtain Eq. 10.

$$0 = \mu_m \cdot \lambda + a(1+v)^{\left(-\frac{1}{v}\right)} - \mu_m \cdot t_i \quad (10)$$

Using Eq. 7, 8, and 10, we get Eq. 11:

$$\lambda = c - \frac{1+v}{b} \quad (11)$$

The parameter c in the Richards equation can be substituted by Eq. 12:

$$c = \lambda + \frac{1+v}{b} \quad (12)$$

The asymptotic value is reached for t approaching infinity in Eq. 13:

$$t \rightarrow \infty: y \rightarrow a \Rightarrow A = a \quad (13)$$

The parameter a in the Richards equation can be substituted by A , yielding the modified Richards equation:

If all the resulting values are written in their places; we have the following Eq. 14:

$$y = a[1 + ve^{b(c-t)}]^{-\frac{1}{v}}$$

$$y = a[1 + ve^{b\left(\lambda + \frac{1+v}{b} - t\right)}]^{-\frac{1}{v}}$$

$$y = a[1 + ve^{b(\lambda-t)}e^{(1+v)}]^{-\frac{1}{v}}$$

$$y=A[1 + ve^{(1+v)}.e^{\frac{\mu m(1+v)(1+\frac{1}{v})(\lambda-t)}{A}}]^{-\frac{1}{v}} \tag{14}$$

The fourth parameter in models having 4-parameters is a shape parameter and it is hard to explain biologically. In some cases, a model having 4- parameters could be much better; thus, it is recommended that the process given in this study can be carried out with some sets of data to find the best model that describes the specific datasets.

The models with 4-parameters also include a shape parameter (v). The mechanical equations obtained from the equations of sigmoidal growth model and containing biologically meaningful parameters are presented in Table 2.

Table 2. Mechanical Equations of Models

Models	Equation	Modified Equation
Gompertz	$y = ae^{-e^{(b-ct)}}$	$y = Ae^{(-e^{\frac{\mu m e^{(\lambda-t)}}{A} + 1})}$
Logistic	$y = \frac{a}{1 + e^{(b-ct)}}$	$y = \frac{A}{[1 + e^{\frac{4\mu m(\lambda-t)}{A} + 2}]}$
Bertalanffy	$y = a[1 - be^{-ct}]^3$	$y = -\frac{A}{27}[-3 + e^3 + \frac{9\mu m(\lambda-t)}{4A}]^3$
Richards	$y=a[1 + ve^{b(c-t)}]^{-\frac{1}{v}}$	$y=A[1 + ve^{(1+v)}.e^{\frac{\mu m(1+v)(1+\frac{1}{v})(\lambda-t)}{A}}]^{-\frac{1}{v}}$

Figure 2 shows the measured values of the *E.Camaldulensis* Dehn trees and estimated values from the models. Standard error values were expressed by bars.

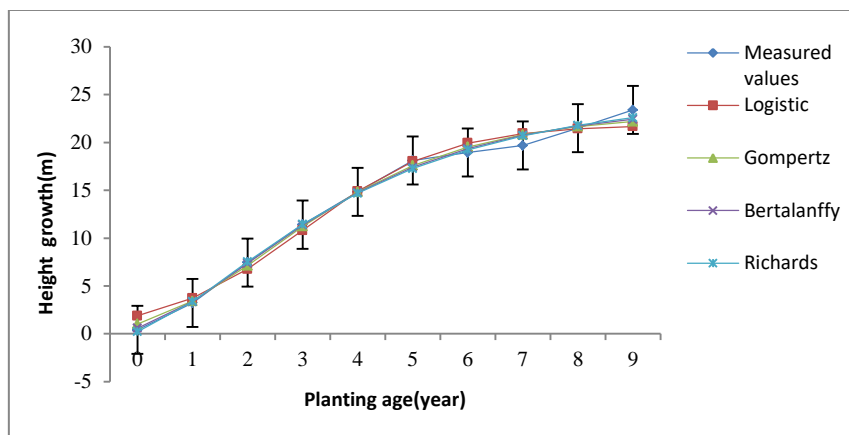


Figure 2. Growth Curve of *E. Camaldulensis* Dehn Trees

Table 1 shows the growth values of the *E. Camaldulensis* Dehn trees for the models used in this study. The model parameters calculated are given in Table 3. Table 3, Table 4 and Table 6 are calculated according to the values in Table 1.

Table 3. Values of Model Parameters

Models	Equations	a	b	c	v
Gompertz	$y = ae^{-e^{(b-ct)}}$	23.071	1.137	0.488	-
Logistic	$y = \frac{a}{1 + e^{(b-ct)}}$	21.887	2.369	0.781	-
Bertalanffy	$y = a[1 - be^{-ct}]^3$	23.897	0.711	0.392	-
Richards	$y=a[1 + ve^{b(c-t)}]^{-\frac{1}{v}}$	24.706	0.329	1.582	-0.550

According to Table 4, the SSE are the lowest and the R^2 is the highest in the Richards model. The Bertalanffy model also has the lowest AIC. This may be because the AIC value depends on the number of parameters. The other models used in this study have 3-parameters. Only the Richards model has 4-parameters.

Table 4. Error Sum of Squares (SSE), Coefficients of Determination (R^2) and Akaike Information Criteria (AIC) of the Models Calculated

Models	Error Sum of Squares (SSE)	Determination Coefficients of the models (R^2)	Akaike Information Criteria (AIC)
Gompertz	3.919	0.993	6,633
Logistic	8.713	0.985	14,622
Bertalanffy	2.876	0.995	3,538
Richards	2.631	0.996	11,648

The formulas of the lag time and maximum specific growth rates are given in Table 5. The values calculated according to these formulas are written in Table 6. According to Table 6, the Richards growth model has the lowest lag time and the highest maximum growth value.

Table 5. Lag Time and Maximum Specific Growth Rate of Models

Models	Lag time (λ)	Maximum specific growth rate (μ_m)
Gompertz	$\frac{b-1}{c}$	$\frac{ac}{e}$
Logistic	$\frac{b-2}{c}$	$\frac{ac}{4}$
Bertalanffy	$\frac{\ln(3b) - \frac{2}{3}}{c}$	$\frac{4ac}{9}$
Richards	$c \frac{1+v}{b}$	$ab(1+v)^{-(1+\frac{1}{v})}$

Table 6. Biological Meaningful Parameter Values of Modified Models

Modified models	Maximum growth value (A)	Lag time (λ)	Maximum specific growth rate (μ_m)
Gompertz	23.071	0.281	4.142
Logistic	21.887	0.472	4.273
Bertalanffy	23.897	0.231	4.163
Richards	24.706	0.214	4.227

In the literature, it was emphasized that 4-parameter sigmoidal models outperformed 3-parameter sigmoidal models (Korkmaz, 2021). Similarly, in this study, the prediction performance of the modified Richards model, which includes 4 biological parameters, was found to be better than the 3-parameter modified Gompertz, Logistic and Bertalanffy model.

Conclusion

In this study, the transformations of four widely used growth models in scientific researches into mechanical models with biological meaningful parameters are given. The transformation steps of the Richards growth model having 4-parameters were mathematically shown step-by-step.

In addition, the effect of the number of parameters on the model selection was investigated. Using the length growth data of *E. Camaldulensis* Dehn tree, which model was more suitable was investigated. It is preferred that the R^2 of a model is high while the SSE and the AIC of that model is low. According to the SSE and R^2 , Richards model is the most appropriate model. However, considering the AIC, the appropriate model appears to be Bertalanffy growth model. Because, AIC are affected by the number of parameters. Therefore; it should not be preferred in comparison of models with different number of parameters. It is suitable for models with the same number of parameters.

In the model equations while the parameter of initial size, a is biologically meaningful, the random parameters such as b , c , v are not biologically meaningful. As a result, when the equations of the sigmoid growth model are converted into mechanical equations, there is no change in the predicted values of the models. Therefore, mechanical models can be successfully converted to modified models with biologically explainable parameters.

Acknowledgment

The authors would like to thank Yıldızbakan for allowing the use of the data.

Authors' Contributions

Volkan Oda, experimental study, data analysis and writing. *Mehmet Korkmaz*, experimental study and data analysis. *Halil Şenol*, literature research and writing.

Conflict of Interest Statement

There is no conflict of interest between the authors.

Statement of Research and Publication Ethics

The study is in accordance with research and publication ethics.

ORCID

Volkan Oda  <https://orcid.org/0000-0001-5724-7678>

Mehmet KORKMAZ  <https://orcid.org/0000-0002-7488-0552>



Halil ŞENOL  <https://orcid.org/0000-0003-3056-5013>

References

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723. <http://dx.doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Bertalanffy, Von L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth, *Quart. Rev. Biol.* 32 (3), 217-231. <https://doi.org/10.1086/401873>
- Draper, N. R., & Smith, H. (2014). *Applied regression analysis*, John Wiley & Sons.
- Gregorczyk, A. (1998). Richards plant growth model. *J. Agron. Crop. Sci.* 181, 243-247. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1998.tb00424.x>
- Korkmaz M. (2017). An applied study on converting some sigmoidal models in empirical form to meaningful parameterized mechanistic models, *J. Sci. Eng. Res.*, 4(7) 82-92. <https://doi.org/10.21597/jist.1095933>

- Korkmaz, M. (2021). A study over with four-parameter Logistic and Gompertz growth models. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 37(3), 2023-2030. <https://doi.org/10.1002/num.22641>
- Narinc, D., Aksoy, T., & Karaman, E. (2010) Genetic parameters of growth curve parameters and weekly body weights in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *J. Anim. Vet. Adv.*, 9, 501–507. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.501.507>
- Narinc, D., & Karaman, E., First, M. Z. Aksoy T (2010) Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv.*, 9, 1961–1966. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1961.1966>
- Oda, V., Korkmaz, M., & Özkurt, E. (2016). Some sigmoidal models used in estimating growth curve and biological parameters obtained : Bertalanffy pattern sample, *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, 6(1), 54-66. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/227497>
- Richards, J. F. (1959). A flexible growth function for empirical use. *J Exp Bot*, 1(10), 290–310. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/10.2.290>
- Ricker, W. E. (1979). Growth rates and models. *Fish Physiology*, 8, 677-743. [http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60034-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60034-5)
- Şenol, H. (2020). Anaerobic digestion of hazelnut (*Corylus colurna*) husks after alkaline pretreatment and determination of new important points in Logistic model curves. *Bioresource Technology*, 300, 122660. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122660>
- Şenol, H., Açikel, Ü., & Oda, V. (2021). Anaerobic digestion of sugar beet pulp after acid thermal and alkali thermal pretreatments. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11(3), 895-905. <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00539-6>
- Winsor, C. P. (1932). The Gompertz curve as a growth curve, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 18(1), 1-8. <https://doi.org/10.1073/pnas.18.1.1>
- Yıldızbakan, A. (2005). *Analysis on mathematical models of tree growth and comparison of these models* [MSc Thesis]. University of Cukurova.
- Zwietering, M. H., Jongenburger, I., Rombouts, F. M., & Riet, K. V. (1990). Modeling of the bacterial growth curve. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56(6), 1875-1881. <https://doi.org/10.1128/aem.56.6.1875-1881.1990>

Investigations on Isolation and Characterisation of Unicellular Cyanobacteria in Uzungöl and Cernek Lakes, Samsun, Türkiye

Kübra Özkul¹ , Haydar Karakaya¹ 

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Science, Department of Biology, Samsun, Türkiye

Received Date / Geliş Tarihi: 16.11.2022

Accepted Date / Kabul Tarihi: 25.11.2022

Abstract

Isolation of unicellular cyanobacteria as pure cultures were carried out from the water samples collected from Uzungöl and Cernek lakes in Kızılırmak delta, Bafra, Samsun. Diluted water samples were spread onto a solid BG11 medium which was positively selective for cyanobacteria and isolated single colonies were observed after incubation under continuous light. Twenty colonies composed of unicellular cells were selected as unicellular isolates. These single colonies from each isolates were transferred into a liquid BG11 medium to grow as liquid cultures under continuous light. Characteristics of the cells in liquid cultures of each isolate were used to identify subsection and form-genus of *Cyanobacteria* they might be included. The results showed that all the isolates were settled in Subsection 1 and form-genus *Synechococcus*. To support this identification, genomic DNAs were isolated from each of the isolates, 16S rRNA gene regions were amplified, and each amplicon was digested with *EcoRI*. Restriction fragment lengths were found to be consistent with those of the standard cyanobacterial strain *Synechococcus* sp. PCC7942. Since restriction fragment lengths and cultural characteristics were consistent, all the isolates were, therefore, evaluated to be included into Subsection 1 and form-genus *Synechococcus*.

Keywords: cyanobacteria, synechococcus, uzungöl, cernek lake

Uzungöl ve Cernek Göllerindeki (Samsun, Türkiye) Tek Hücreli Siyanobakterilerin İzolasyonu ve Karakterizasyonu Üzerine Araştırmalar

Öz

Samsun, Bafra Kızılırmak deltasında yer alan Uzungöl ve Cernek göllerinden alınan su örneklerinden tek hücreli siyanobakterilerin saf kültürler şeklinde izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Seyreltilmiş su örnekleri siyanobakteriler için seçici katı besiyeri yüzeyine ekilerek sürekli ışık altında inkübasyona bırakılmış ve izole koloniler elde edilmiştir. Tek hücrelerden oluşmuş 20 koloni tek hücreli izolatlar olarak seçilmiştir. Her bir izolata ait bu tek koloniler sıvı besiyerlerinde sürekli ışık altında sıvı kültürler şekline üretilmiştir. Bu sıvı kültürlerdeki hücrelere ait karakterler incelenerek hangi siyanobakteriyel altbölüme ve hangi form-cinsine dahil oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda bütün izolatların Subsection 1 ve *Synechococcus* form-cinsine dahil olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonucu desteklemek için her bir izolattan genomik DNA izole edilmiş, 16S rRNA gen bölgesi çoğaltılmış ve her bir amplicon *EcoRI* ile kesilmiştir. Elde edilen fragment büyüklüklerinin standart *Synechococcus* sp. PCC7942 suşunun fragment büyüklükleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla restriksiyon fragment büyüklükleri ve kültürel özellikler uyumlu olduğundan izolatların tamamının Altbölüm 1 ve *Synechococcus* form-cinsinin üyeleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: siyanobakteri, synechococcus, uzungöl, cernek gölü

Introduction

Cyanobacteria are a diverse group of Bacteria domain (Castenholz et al., 2001; Palinska & Surosz, 2014; Rippka et al., 1979). They have abilities to fix carbon dioxide through a photosynthetic apparatus similar to that of higher plants, using water as an electron donor and producing oxygen as by product. Nitrogen fixation is performed by some of the cyanobacterial strains in special sites inside the cell or in heterocysts which are specialized cells for nitrogen fixation (Wolk, 1996). Thus they play an important role in carbon and nitrogen cycles especially in marine and terrestrial aquatic ecosystems. Estimates show that prokaryotic photosynthetic organisms are responsible for %30 of primary production worldwide (Affe et al., 2018; Pang et al., 2018).

Cyanobacteria exhibit a wide morphological diversity from unicellular to filamentous forms (Stanier & Cohen Bazire, 1977; Whitton & Potts, 2012). Unicellular forms may be present as single cells or as aggregates of cells. Filamentous forms may be a row of single cells with or without differentiated cells like heterocysts and akinetes. Filaments may be branched or not. Cyanobacterial cells may divide in single or two or multiple planes producing cells in equal or unequal sizes. Systematic positions of the cells were determined traditionally by using these cellular properties along with cell sizes, presence or absence of thylakoid membranes and mean G-C content (Castenholz et al., 2001). Recently phylogenetic properties based on nucleotide sequences of certain genes or whole genomes have become common for systematics of cyanobacteria along with phenotypic and cultural properties (Whilmotte & Herdman, 2001).

Cyanobacteria were classified under botanical code for a long time due to their ability to photosynthesize in a manner like plants and were called blue-green algae. Based on phenotypic characteristics several genera and species were identified (Whitton, 1992; Wilmotte, 1994). Eventually, cyanobacteria were proposed to be classified under Bacteriological Code rather than Botanical Code due to their prokaryotic cellular structure (Stanier et al., 1978; Rippka et al., 1979; Oren, 2004). Cellular properties are essential for identifying of cyanobacterial strains under the Bacteriological Code, all the morphological, physiological, biochemical and genetic characteristics are described in axenic cultures of strains while description of phenotypic properties under a microscope and a dried specimen are essential under Botanical Code. Many species were identified under Botanical Code according to the morphological properties of specimens from environmental samples resulting in many of synonyms depending on the phenotypic plasticity of the characters due to various environmental conditions (Wilmotte, 1994). However, cultural identification of cyanobacteria comprise limitations like difficulties in culturing cell from natural samples, maintenance of axenic cultures and accumulation of mutations in the cells of axenic cultures (Rippka, 1988). Efforts to conciliate differences between bacteriological and botanical approaches have been made to establish a settled cyanobacterial systematics (Komárek et al., 2016; Oren, 2004; Schoch et al., 2020; Wilmotte & Herdman, 2001).

Phylogenetic properties were commonly used to identify cyanobacterial isolates and strains also. Certain molecular signature sequences like 16S rRNA gene, *psbBA*, *rpoC1*, ITS of 16S-23S rRNA genes and whole genome sequence if available are used to identify cyanobacterial isolates and strains (Moreira et al., 2020). It is widely agreed that the only acceptable method for the taxonomic evaluation of cyanobacteria is a polyphasic approach, including phenotypic, ultrastructural, biochemical and molecular methods (Palinska & Surosz, 2014). Such a combined method was used for cyanobacterial systematics in Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (Castenholz et al., 2001). Cyanobacteria are organized as a class *Cyanobacteria* and five subsections. Subsection 1 and 2 comprise single or aggregates of unicellular strains; Subsection 2 filamentous, non heterocystous; Section 4 filamentous, heterocystous; and Section 5 branched filamentous, heterocystous (Castenholz et al., 2001; Rippka et al., 1979). Genera of cyanobacteria in this volume of Bergey's Manual of Systematic Bacteriology were given as form-genera due to a lack of sufficient cultural and phylogenetic data of strains (Castenholz, 2001). Most of the isolates were given with their strain numbers because of a lack of data to group them in species level. Phylogenetic analyses of 16S rRNA

gene sequences showed that some strains were not clustered with the groups they included according to their phenotypic and cultural characteristics. This situation is shared among the strains placed in Subsection 1 and 2 (Wilmotte & Herdman, 2001).

To settle the systematics of such a group with a wide diversity like cyanobacteria, more data are required especially about cultural and phylogenetic characteristics. Isolation and description of new isolates of cyanobacteria will contribute not only the settlement of cyanobacterial systematics and also determination of cyanobacterial biodiversity in aquatic ecosystems. Therefore, this study was aimed at isolation and characterisation of unicellular cyanobacterial strains from two lakes (Uzungöl and Cernek lakes) in the Kızılırmak delta, Samsun. Unicellular cyanobacteria are especially selected due to the uncertainty of their systematic positions and their significant role as primary producers in aquatic ecosystems. Twenty unicellular cyanobacteria were isolated and identified at form-genus level according to their cultural characteristics and RFLP profiles of the 16S rRNA gene.

Material and Methods

Research Area and Sampling

To isolate unicellular cyanobacteria, Cernek (41.64. 23.25N/36.07.36.14E) and Uzungöl lakes (41.57.09.34N/36.09.75.20E) were chosen as research areas, both the lakes were located in the Kızılırmak delta in Samsun, Türkiye. Water samples were taken from subsurface of the water column in sterile sample bottles in September and January. After transfer to the laboratory, samples were filtered through sterilised Watmann papers to remove macroscopic organic or inorganic matter. Standard unicellular cyanobacterial strain *Synechococcus* sp. PCC7942 and *Synechocystis* sp. PCC6803 were used as positive control strains during isolation and molecular procedures.

Media

BG11 (Blue-Green) medium was used to grow of cyanobacterial strains (Rippka, 1988). BG11 salt solution was solidified by adding 0.7% agarose after separately autoclaved. Filter sterilised cycloheximide (50 µg/ml) was added to the liquid and solid medium after cooling at about 50°C to eliminate eukaryotic microorganisms.

Isolation Procedures

Isolation processes were carried out according to the method described by Rippka (1988) with some modifications. Filtered samples were first diluted serially (10^{-1} to 10^{-3}). A 100 µl of diluted samples were spread onto BG11 plates and incubated at 28°C under continuous light at a density of 40 µmol photons $m^{-2} s^{-1}$ in an incubator for about 20 days. Each colony on the plate was examined under light a microscope to find colonies with unicellular forms. Unicellular colonies were then taken and streaked on a new fresh BG11 solid medium. Single colonies, grown on these plates, were re-streaked another fresh solid BG11 medium again. Cell mass from this medium were transferred into liquid BG11 medium supplemented with 50 µg ml^{-1} cycloheximide and incubated in a shaker incubator under continuous light with the same density above. These liquid cultures were used for microscopic examinations of cellular properties and genomic DNA isolations.

Microscopic Examination

Cyanobacterial cells from single colonies on plates were examined under a light microscope (Nikon) at magnification rates of 400X and 1 000X. Cells and cell clusters in isolated pure liquid cultures were examined in a binocular microscope (Leica) with magnifications of 400X and 1 000X. Cells from each isolated culture were photographed with a camera (Leica DFC290) using the software Leica Application Suite.

Molecular Biological Techniques

General molecular biological techniques were carried out according to Sambrook and Russel (2001). Genomic DNAs from 10-12 day-old log phase liquid cultures were extracted according to the method described previously (Lind et al., 1985). DNA amount and purity were measured using a nanodrop (ND-1000) spectrophotometer. Using genomic DNAs as template, 16S rRNA genes of each isolate were amplified using previously designed primers 16S27F (5'AGAGTTTGATCCTGGCTCAG3') and 16S1494R (5'GTACGGCTACCTGTTACGAC3') (Taton et al., 2003). To avoid pipetting mistakes, a reaction mixture was prepared including primers, buffer and dNTPs. After sharing the reaction mixture to PCR reaction tubes, certain amounts of genomic DNA as a template, enzyme solution and MgCl₂ solutions were added. Final volume was adjusted to 25 µl with pure water. *Taq* DNA polymerase (ThermoScientific) was used for annealing reactions. Reactions were optimized in terms of template DNA, *Taq* DNA polymerase and MgCl₂ amounts. Amplification was started with a first denaturation step at 94°C for 3 min, followed by 30 cycles of amplification reactions each with three steps (denaturation at 92°C for 15 secs, annealing at 55°C for 30 secs and extension at 72°C for 1.5 mins). Amplicons were kept at 4°C after a last extension step at 72°C for 5 mins. Amplification products were purified with a Wizard SV Gel PCR Clean-up kit (Promega). 10 µl aliquot of each amplicon was digested with *Eco*RI (Promega) according to the manufacturer's recommendations. Amplicons and digestion product of them were run in 0.7 % agarose gel with 0.5 µg ml⁻¹ ethidium bromide and examined under UV light on a transilluminator (Vilber-Lourmat). 1 kb GeneRuler (ThermoScientific) and 50 bp DNA ladder (ThermoFisher) were also run as molecular marker alongside amplicons and *Eco*RI digested samples. The agarose gels with ethidium bromide stained DNA bands were photographed in Bio Imaging System (Syngene). 16S rRNA gene sequences of selected cyanobacterial strains were downloaded from the database Cyanobase (2022) and analysed in pDraw32 DNA analyse software (AcaClone, 2022).

Results

Isolation of Unicellular Cyanobacteria from Water Samples

Water samples from Uzungöl and Cernek lakes were first filtered through Whatman paper to omit organic or inorganic macro-particles including multicellular organisms. The part of water samples passed through the filter carrying microbial cells was used to isolate unicellular cyanobacterial organisms. These filtered water samples were diluted at rates of 10⁻¹, 10⁻² and 10⁻³. BG11 medium used as isolation medium was supplemented with cycloheximide to inhibit peptidyl transferase activity of 60S ribosomal subunit of eukaryotic cells. Thus eukaryotic microorganisms including photosynthetic algae were unable to grow on the medium. BG11 medium contains no organic carbon and only photosynthetic microorganisms can grow. Therefore, such growing media, liquid and solid BG11, supplemented with cycloheximide become positively selective for photosynthetic prokaryotes. These selective BG11 plates allow the growth of photosynthetic prokaryotic microorganisms represented predominantly by cyanobacteria. Heterotrophic prokaryotes cannot grow in this medium because of the absence of any organic carbon sources.

A 100 µl aliquot of undiluted and diluted samples was spread on BG11 plates solidified with agarose and supplemented with cycloheximide. Plates were incubated at 25°C about three weeks. One set of plates was incubated under continuous light as described above while another set was incubated at a lower light intensity by shadowing the light with a paper tissue. After the incubation period, cyanobacterial growth appeared on the plates. Especially all or most of the surface of the plates incubated with undiluted and less diluted samples covered by cyanobacterial cells. However, single cyanobacterial colonies appeared on the plates incubated with more diluted samples (Figure 1). Even on such plates some of cyanobacterial growth zones were spread through the surface. The colonies located in a clear area were selected for further isolation processes.

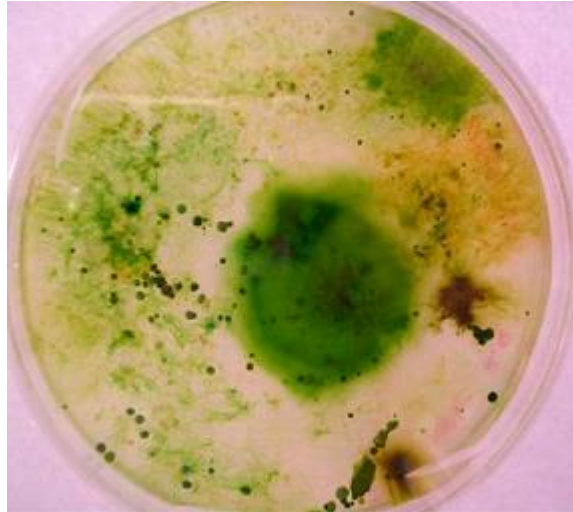


Figure 1. Cyanobacterial Colonies Grown on Selective BG11 Solid Medium After Spreading Diluted Water Sample

For further purification, 20 of single colonies were taken from the surface of the plates with a tip of sterilised toothpick and streaked on a fresh BG11 medium as short lines and incubated at 25°C for further growth (Figure 2a). After this second incubation, cells from each streak that grew from 20 of the colonies were taken with a loop and streaked on a fresh BG11 plate to produce single colonies (Figure 2b). These single colonies were streaked onto fresh BG11 plates again and these plates were used as cell source for liquid cultures. Each of 20 isolates originated from a single colony was taken as pure cultures and named as UCG1-UCG20.

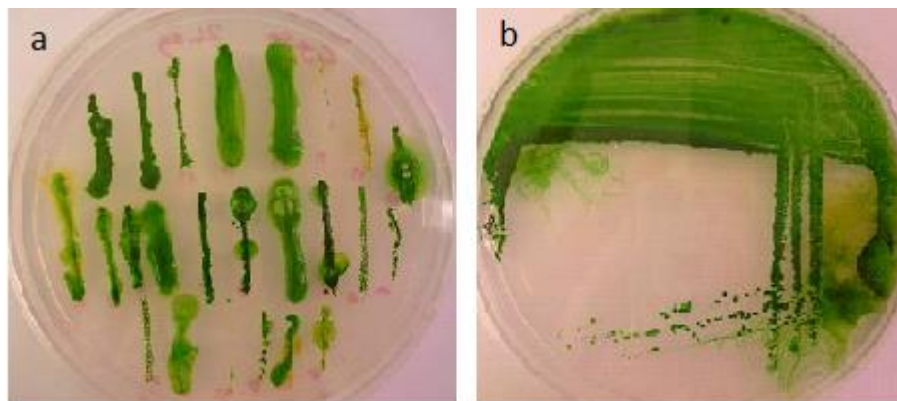


Figure 2. Growth of the Isolates on Selective BG11 Solid Medium

a) Growth of single colonies (isolates) transferred from previous plates (Figure 1) and b) growth of an isolates streaked on selective BG11 solid medium to obtain single colonies.

Each of the isolates on BG11 plates was transferred to BG11 liquid media to grow the isolates as pure liquid cultures. These liquid cultures were used both the morphological identification and chromosomal DNA isolation.

Identification of the Isolates

All the logarithmic phase liquid cultures of 20 isolates were examined under microscope to observe cell division style, cell size and aggregation state. Each isolate was photographed at 400X and 1 000X magnifications (Figure 3). These characteristics were used for identification of the isolates (Table 1). For subsection level identification, the key prepared for subsections of *Cyanobacteria* (Castenholz, 2001) was used. None of the isolates exhibited multiple internal fission and no daughter cell was found smaller than mother-cell. Therefore all of the isolates were included into Subsection I. Subsequently the isolates were identified at form-genus level using a key prepared for Subsection I

previously (Herdman et al., 2001a). While G+C contents of the strains were not measured in this study, the other characteristics were used for morphological identification. Due to fact that all the isolates contained thylakoids, exhibited no budding and no sheath and had relatively small cell size, all the isolates were included in group III-B in the key comprising form-genera *Cyanobacterium*, *Cyanothece*, *Dactilococcopsis*, *Cyanobium* and *Synechococcus*. The isolates were not included into the form-genus *Cyanothece* and *Dactilococcopsis* because their cell sizes were bigger than the isolates. Since *Cyanobacterium* was a rarely represented form-genus and there was great difference between their typical habitats and Kızılırmak delta (Rippka et al., 2001a), the strains were not included into this form genus. Even sizes of the isolates were consistent with the cell sizes of form-genus *Cyanobium* (Rippka et al., 2001b) the strains were not included in this form-genus because it is mainly contains marine strains. Finally all isolates were included into form-genus *Synechococcus* (Herdman et al., 2001b) due to having similar cell sizes and represented as single cells or aggregates.

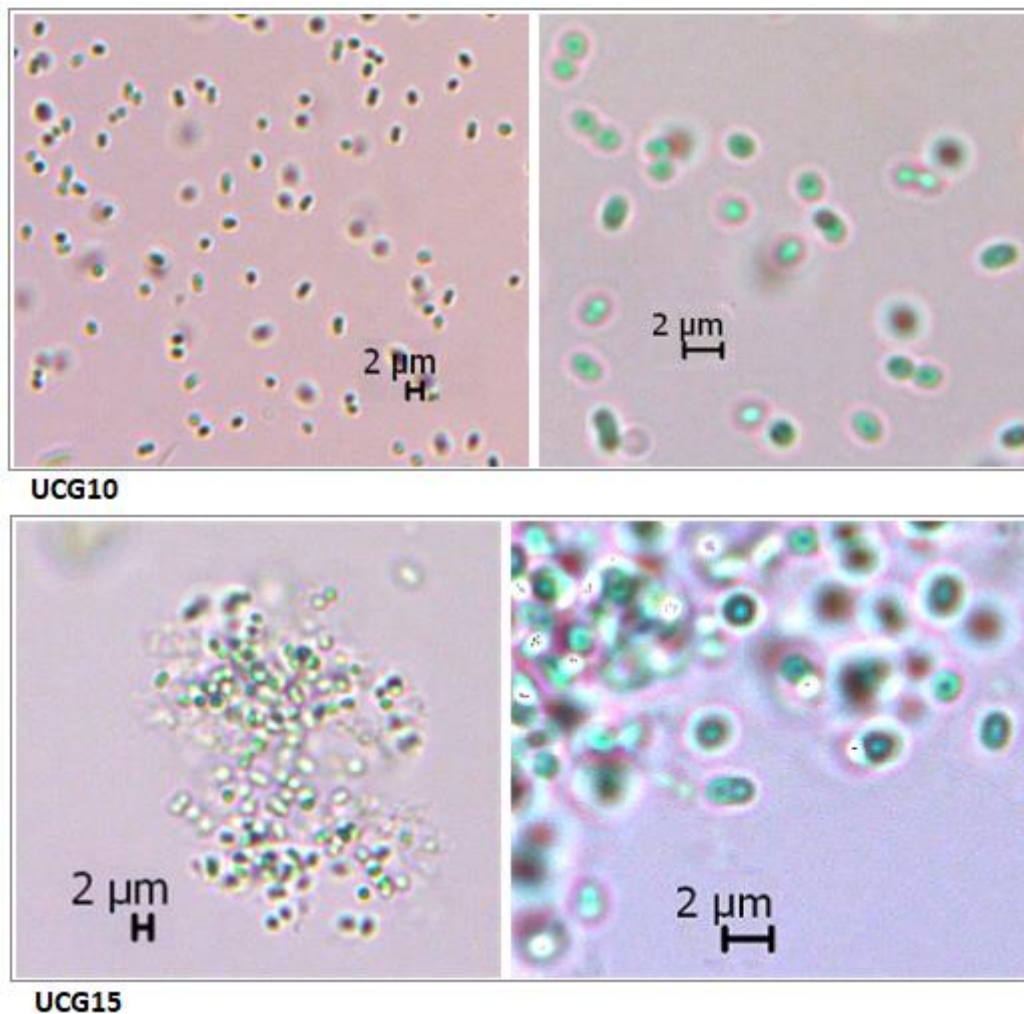


Figure 3. Photographs of Representative Strains UGC10 and UGC15

Magnification of left panels was 400X, that of right panels 1 000X. A 2 µm size indicator bar was added inside of each panel.

Table 1. Morphological Properties and Recognized Identities of the Isolates

Isolate	Cell size (μm)	Cell shape	Aggregation	Identity
UCG1	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG2	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG3	1-1,8	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG4	1-1,8	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG5	1-1,8	Coccus	-	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG6	1,8-1,9	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG7	0,8-1,8	Coccus	-	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG8	0,8-1	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG9	1x1,5-1,5x2,3	Rod	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG10	1,2x2,5-1,5x2,5	Rod	-	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG11	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG12	0,8-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG13	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG14	1-1,8	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG15	1x2,2-1,5x2,2	Rod	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG16	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG17	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG18	1,2-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG19	1-1,5	Coccus	+	<i>Synechococcus</i> sp.
UCG20	1x1,2-1x1,5	Rod	+	<i>Synechococcus</i> sp.
PCC7942	0,8x2-1x3	Rod	-	<i>Syn.</i> PCC7942
PCC6803	2,2-2,5	Coccus	-	<i>Syc.</i> PCC6803

The isolates were named as UCG1 to UCG20. Properties of standard strains *Synechococcus* sp. PCC7942 and *Synechocystis* sp. PCC6803 were also shown

RFLP Analyses of 16S rRNA Genes of Isolates

Identification of the isolates was further tested by their 16S rDNA restriction fragment length polymorphism (RFLP) profiles. Genomic DNA from all of the isolates (UCG1-UCG20) and from standard strains *Synechococcus* sp. PCC7942 and *Synechocystis* sp. PCC6803 was isolated and used as template in the 16S rRNA gene amplification. A primer pair (Taton et al., 2003) was used to cover most part of cyanobacterial 16S rRNA gene (from 27 bp to 1494 bp) with a predicted amplicon size of about 1.45-1.50 kb. After optimization studies, 16S rDNA amplicons from all of the isolates and standard strains were obtained with about 1.5 kb size as predicted (Figure 4).

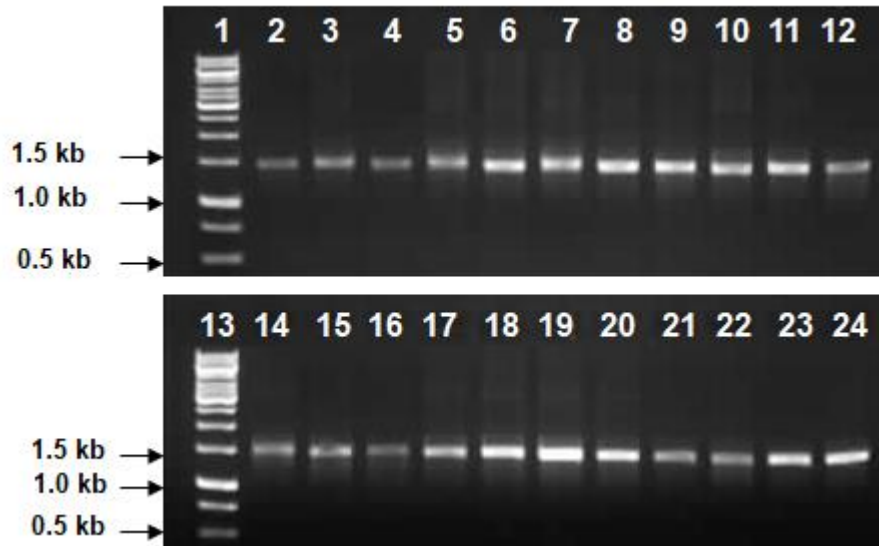


Figure 4. 16S rDNA Amplicons of 20 Isolates Lanes 1 and 13 are 1 kb DNA ladder

Lanes 2 to 12 and 14 to 22 are 16S rDNA amplicons with an expected size of approximately 1.5 kb. *Synechocystis* sp. PCC6803 (lane 23) and *Synechococcus* sp. PCC7942 (lane 24) the 16S rDNA gene amplicons were also shown.

To support the identities of the isolates, the 16S rDNA amplicons of each isolates were analysed for any variation in 16S rRNA gene. RFLP properties were used for indication of base pair variations. Initially 16S rRNA gene sequences of *Synechococcus* sp. PCC7942 and *Synechocystis* sp. PCC6803 were downloaded from the cyanobacterial genomic database Cyanobase (2022) and their *Eco*RI restriction fragment lengths were analysed with the software pDRAW32 (AcaClone, 2022). *Eco*RI restriction enzyme produces two fragments from 16S rRNA gene of *Synechococcus* sp. PCC7942 with sizes of 870 bp and 620 bp. The enzyme splits the *Synechocystis* sp. PCC6803 16S rRNA gene into three fragments with sizes of 700 bp, 633 bp and 169 bp. These *Eco*RI RFLP profiles were used as references for the *Eco*RI RFLP profiles of each of the isolates.

Amplicons of the isolates were digested with *Eco*RI and digestion products were separated in an agarose gel (Figure 5). Fragment sizes were compared with those of test strains *Synechococcus* sp. PCC7942 and *Synechocystis* sp. PCC6803. *Eco*RI RFLP profiles of 20 isolates were same or similar to that of *Synechococcus* sp. PCC7942. 15 of the RFLP profiles of isolates were consistent with that of *Synechococcus* sp. PCC7942 as seen in Figure 5. However, five of the isolates exhibited one additional fragment about 670 bp in size along with expected two fragments (870 bp and 620 bp). None of the isolates had an RFLP profile similar to that of *Synechocystis* sp. PCC6803.

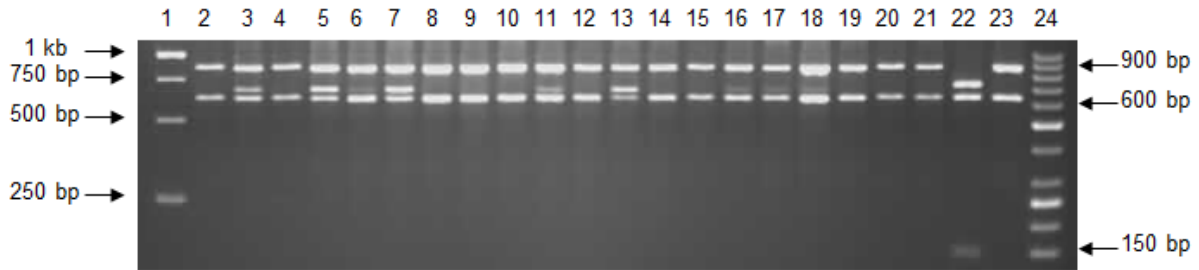


Figure 5. Agarose Gel Electrophoresis Image of *EcoRI* Fragments of 16S rDNA Amplicons of the Isolates Lanes 2 to 24 are *EcoRI* Fragments of the Isolates UCG1 to UCG20, Respectively.

EcoRI fragments of test strains *Synechocystis* sp. PCC6803 (lane 22) and *Synechococcus* sp. PCC7942 (lane 23) are also shown. Lane 1 is a 1 kb DNA ladder (ThermoFisher) and lane 24 is a 50 bp DNA ladder (ThermoFisher).

EcoRI RFLP profiles of the strain included in the III-B group of the identification key (*Cyanobacterium*, *Cyanothece*, *Dactilococcopsis*, *Cyanobium* and *Synechococcus*) were also analysed in silico using their full 16S rRNA gene sequences deposited in databank.

Cyanobase (2022). *Cyanothece* and *Dactilococcopsis* differed from all of the isolates as they exhibited three fragments. Other three genera exhibited two fragments as the isolates. Size differences of *Cyanobacterium* (866 bp and 610 bp) and *Synechococcus* (870 bp and 620 bp) were little that might not be distinguishable effectively via agarose gel electrophoresis. *Cyanobium* also had two fragments but size of fragments was relatively smaller and distinguishable from that of the isolates. These in silico analyses support that the isolates were not members of form-genus *Cyanobium*.

Discussion and Conclusions

Unicellular cyanobacterial isolates were purified from water samples collected from Uzungöl and Cernek lakes in the Kızılırmak delta in Samsun. Bases of the purification were the elimination of eukaryotic microorganisms, including photosynthetic algae with cycloheximide, and heterotrophic prokaryotes by using a minimal medium BG11 that allows the growth of photosynthetic prokaryotic organisms only. Under such conditions i.e., in BG11 medium supplemented with cycloheximide, cyanobacteria and other photosynthetic prokaryotic groups like green and purple bacteria may successfully grow and reproduce. However, only cyanobacterial growth was observed in this study.

All the isolates were included in form-genus *Synechococcus* based on their cell morphology and cell division manner under light microscope. To identify the isolates, identification key (Herdman et al., 2001a) and form-genus descriptions (Herdman et al., 2001b; Rippka et al., 2001a; Rippka et al., 2001b) were used. Because their cells were divided by symmetrically transverse binary fission and they did not exhibit structured sheath, all the isolates were settled in a group of five form-genera. The isolates may not be included into form-genera *Cyanothece* and *Dactilococcopsis* because of their bigger cell sizes than any of the isolates. Cell sizes of the isolates were consistent with the other three form-genera *Cyanobacterium*, *Cyanobium* and *Synechococcus*. However the isolates were included into *Synechococcus* due to the fact that the cells of most of the isolates were represented as united cellular aggregates by mucilage formation. Only three isolates UCG5, UCG7 and UCG10 were did not form cellular aggregates staying unicellular. These three isolates were included into form-genus *Synechococcus* because *Cyanobacterium* is rarely represented form-genus and form-genus *Cyanobium* contains marine strains. Determination of mean G-C base contents would be helpful to ensure the identities of the isolates.

RFLP profiles of the 16S rRNA gene support identification of the isolates as form-genus *Synechococcus* exhibiting two *EcoRI* fragments with the same sizes. rDNAs of all the isolates exhibit two fragments with sizes of about 870 bp and 620 bp, the same as those of standard strains *Synechococcus* sp. PCC7942. Identification of the strains was supported by the results of in silico

analyses of RFLP profiles of various cyanobacterial strains. Also, in silico analyses of RFLP profile showed that the *Cyanobium* 16S rRNA gene was 100 bp shorter than the other strains tested. RFLP profiles of the isolates exhibited no such a short fragment. Therefore, none of the isolates could be included into form-genus *Cyanobium*. Five of the isolates, which were UCG2, UCG4, UCG6, UCG10 and UCG12, showed an additional fragment in the RFLP profile with a size of approximately 670 bp. The origin of this additional fragment may not be expected for certain in this stage unless the full length of 16S rDNA is sequenced. It may be explained by either presence of another contaminant organism in cultures of the isolates or the insertion of an additional fragment into the rRNA gene through lateral gene transfer facilities.

Both the microscopic examination and 16S rDNA RFLP profiles indicate that all of the isolates are members of form-genus *Synechococcus* and members of this form-genus may be expected to be predominantly represented in Uzungöl and Cernek lakes. There were no records about the members of *Synechococcus* in Uzungöl and Cernek lakes in previously conducted studies in the same areas based on microscopic identification of algae from water samples directly (Gönülol & Çomak 1992; Tas et al., 2007). This implies that microscopic identification is not sufficient to determine biodiversity of a certain habitat; culture studies may supply more detailed data about community contents and biodiversity.

Results of this study are derived from the isolation and identification of unicellular cyanobacteria by approaches of microscopic and molecular identification based on cellular properties of pure cultures and RFLP profiles of 16S rRNA gens. With some molecular techniques such as the determination of molecular marker gene sequences will be more accurate however. Thanks to the development of sequencing technologies, whole genome sequences of isolates as well as marker gene sequences will supply precise phylogenetic data about the organism. Such whole genome sequences will also help to settle cyanobacterial systematics. However, not all cyanobacteria are cultivable as are so for other microorganisms. In such cases metagenomics studies would be helpful to detect target DNA sequences like 16S rRNA gene and even whole genomes. Amplification of DNA regions used for phylogenetic relationships like 16S rRNA gen may be amplified from environmental DNA and sequenced by high throughput sequencing. More accurate and more detailed data are possible to be determined about cyanobacteria of Uzungöl and Cernek lakes with such a metagenomics approach.

Acknowledgement

The authors would like to thank Ondokuz Mayıs University for the support of this study through the project F373.

This study was produced from the MSc thesis “Studies on Isolation and Characterisation of Unicellular Cyanobacteria from the Surface Layer of Uzungöl and Cernek Lake (Bafra, Samsun)” which was completed by Kübra Özkul under supervision of Haydar Karakaya (Thesis number: 213441).

Author Contribution

Experimental part of this study was carried out mainly by *Kübra Özkul*. The authors were contributed equally to the other parts of this research

Ethics

There are no ethical issues related to the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

ORCID

Kübra Özkul  <https://orcid.org/0000-0001-8958-4185>



Haydar Karakaya  <https://orcid.org/0000-0003-3347-0001>

References

- AcaClone (2022). pDRAW32 DNA analysis software. Retrieved November 2, 2022 from <https://www.acaclone.com/>
- Affe, H. M., Rigonato, J., Nunes, J. M. & Menezes, M. (2018). Metagenomic analysis of cyanobacteria in an oligotrophic tropical estuary, South Atlantic. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1393. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01393>
- Castenholz, R. W. (2001). General characteristics of the cyanobacteria. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 474-487). Springer.
- Castenholz, R. W., Wilmotte, A., Herdman, M., Rippka, R., Waterbury, J. B., Iteman, I., & Hoffmann, L. (2001). Phylum BX. Cyanobacteria. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 473-599). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-21609-6_27
- Cyanobase (2022). Retrieved November 2, 2022 from <http://genome.microbedb.jp/cyanobase/>
- Gönülol, A., & Çomak, Ö. (1992). Bafra balık gölleri (Balık gölü, Uzungöl) fitoplanktonu üzerinde florikstik araştırmalar I-Cyanophyta. *Doğa- Tr. J of Botany*, 16, 223–245.
- Herdman, M., Castenholz, R. W., Iteman, I., Waterbury, J. B., & Rippka, R. (2001a). Subsection I. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 493-514). Springer.
- Herdman, M., Castenholz, R. W., Iteman, I., Waterbury, J. B. & Rippka, R., (2001b). Form-genus XIII. Synechococcus. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 508-512). Springer.
- Komárek, J. (2016). A polyphasic approach for the taxonomy of cyanobacteria: Principles and applications. *European Journal of Phycology*, 51(3), 346-353. <https://doi.org/10.1080/09670262.2016.1163738>
- Oren, A. (2004). A proposal for further integration of the cyanobacteria under the Bacteriological Code. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 54(5), 1895-1902. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.03008-0>
- Moreira, C., Martins, J., Vasconcelos, V., & Antunes, A. (2020). Genomics perspectives on cyanobacteria research. In *Handbook of Algal Science, Technology and Medicine* (pp. 147-159). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818305-2.00009-7>
- Palinska, K. A., & Surosz W. (2014). Taxonomy of cyanobacteria: a contribution to consensus approach. *Hydrobiologia*, 740, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1971-9>
- Pang, K., Tang, Q., Chen, L., Wan, B., Niu, C., Yuan, X., & Xiao, S. (2018). Nitrogen-fixing heterocystous cyanobacteria in the Tonian period. *Current Biology*, 28(4), 616-622. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.008>
- Rippka, R., (1988). Isolation and purification of Cyanobacteria. In L. Parker & A. N. Glazer (Eds.), *Methods of Enzymology* Vol.167 (pp. 3-27). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(88\)67004-2](https://doi.org/10.1016/0076-6879(88)67004-2)

- Rippka, R., Castenholz, R. W., & Herdman, M. (2001a). Form genus III. Cyanobacterium Rippka and Cohen-Bazire 1983. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 497-498). Springer.
- Rippka, R., Castenholz, R. W., & Herdman, M. (2001b). Form genus IV. *Cyanobium* Rippka and Cohen-Bazire 1983. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 498-499). Springer.
- Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J. B., Herdman, M., & Stanier, R. Y. (1979). Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Microbiology*, 111(1), 1-61. <https://doi.org/10.1099/00221287-111-1-1>
- Sambrook, J., & Russell, D. W. (2001). *Molecular cloning: A laboratory manual* (3rd ed.). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Schoch, C. L., Ciufo, S., Domrachev, M., Hotton, C. L., Kannan, S., Khovanskaya, R., Leipe, D., Mcveigh, R., O'Neill, K., Robbertse, B., Sharma, S., Soussov, V., Sullivan, J. P., Sun, L., Turner, S., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). NCBI Taxonomy: A comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*, 2020, baaa062, 1-21. <https://doi.org/10.1093/database/baaa062>
- Stanier, R. Y., Siström, W. R., Hansen, T. A., Whitton, B. A., Castenholz, R. W., Pfennig, N., Gorlenko, V. N., Kondratieva, E. N., Eimhjellen, K. E., Whittenbury, R., Gherna, R. I., & Trüper, H. G. (1978). Proposal to place the nomenclature of the Cyanobacteria (Blue-Green Algae) under the rules of International Code of Nomenclature of Bacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 28(2), 335-336. <https://doi.org/10.1099/00207713-28-2-335>
- Stanier R. Y., & Cohen-Bazire G., (1977). Phototrophic prokaryotes: The cyanobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 31, 225-2774. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.31.100177.001301>
- Tas, B., & Gonulol, A., (2007). An ecologic and taxonomic study on phytoplankton of a shallow lake, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(2), 439-445. http://www.jeb.co.in/journal_issues/200704_apr07_supp/paper_15.pdf
- Taton, A., Grubisic, S., Brambilla, E., Wit, R., & Wilmotte, A. (2003). Cyanobacterial diversity in natural and artificial microbial mats of Lake Fryxell (McMurdo Dry Valleys, Antarctica): A morphological and molecular approach. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(9), 5157-5169. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.9.5157-5169.2003>
- Whitton, B. A. (1992). Diversity, ecology and taxonomy of cyanobacteria. In: N. H. Mann & N. G. Carr, (Eds.), *Photosynthetic Prokaryotes* (pp. 1-37). Plenum Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1332-9_1
- Whitton, B. A., & Potts, M. (2012). Introduction to Cyanobacteria. In B. A. Whitton (Eds.), *The ecology of Cyanobacteria II: Their diversity in time and space* (pp. 1-13). Kluwer Academic. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3855-3_1
- Wilmotte, A. (1994). Molecular evolution and taxonomy of Cyanobacteria. In: D. A. Bryant (Eds.), *The molecular biology of Cyanobacteria* (pp. 2-25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0227-8_1
- Wilmotte, A., & Herdman, M. (2001). Phylogenetic relationships among the cyanobacteria based on 16S rRNA sequences. In R. D. Boone & R. W. Castenholz (Eds.), *Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (pp. 487-493). Springer.
- Wolk, C. P. (1996). Heterocyst formation. *Annual Review of Genetics*, 30(1), 59-78. <https://doi.org/10.1146/annurev.genet.30.1.59>

Fındıkta Külleme Hastalığının Uzun Süreli Depolamada Bazı İç Bozuklukları ve Kalite Parametrelerine Etkisi

Arzu Sezer¹ , Sümeyye Şahin² 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 21.11.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 05.12.2022

Öz

Çalışma *Erysiphe corylacearum* U.Braun & S.Takam'un neden olduğu külleme hastalığının uzun süreli depolama koşullarında fındıkta bazı iç bozuklukları ile kalite parametrelerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu kapsamda fındıkta küflü iç, çürük iç, göbek boşluğunda kahverengi leke (GBKL), lekeli iç, gizli küf gibi iç bozukluklarının görülme oranları ile kuru madde, yağ, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, antioksidan kapasitesi ve yağ asidi kompozisyonu konuları ele alınmıştır. Külleme hastalığına karşı kimyasal mücadele yapılmış ve etkili kontrol sağlanmış fındık parsellerinden alınan fındıklar ile mücadele yapılmamış ve hastalık şiddetinin yüksek olduğu parsellerden alınan fındıklar 22-24 aylık bir depolama sonucunda belirtilen bu özellikler yönünden incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca iç bozuklukları ile ilgili funguslar tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda küflü iç değerleri ve yağ asitlerinden linoleik asit değerleri haricindeki değerlerin külleme hastalığı mücadelesine bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir. Kusurlu iç fındıklardan *Aspergillus* spp. (%79.07), *Cladosporium* spp. (%9.30), *Alternaria* spp. (%3.49), *Trichothecium roseum* (Pers.) Link (%3.49), *Rhizopus* spp. (%2.33) *Penicillium* sp. (%1.16) ve *Phomopsis* sp. (%1.16) izole edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: fındıkta külleme, iç bozuklukları, depolama, yağ asidi kompozisyonu, antioksidan kapasite

Effect of Hazelnut Powdery Mildew on Some Kernel Defects and Quality Parameters in Long-Term Storage

Abstract

The study was carried out to determine the effect of powdery mildew disease caused by *Erysiphe corylacearum* U.Braun & S.Takam. on hazelnut kernel disorders and quality parameters under long-term storage conditions. Within this scope the incidence of internal disorders such as moldy kernel, rotten kernel, the brown spot in the kernel cavity (BSKC), spotted kernel and hidden mold and also dry matter, oil, free fatty acidity, peroxide number, antioxidant capacity and fatty acid composition of hazelnut were dealt. The hazelnuts taken from the hazelnut plots, where chemical control was made against powdery mildew disease and effective control was provided, and the hazelnuts taken from plots without any control and with high disease severity were examined in terms of these characteristics after 22-24 months of storage and were compared with each other. As a result of the study, it was detected that the values except for the moldy kernel values and linoleic acid values from fatty acids did not change depending on the powdery mildew control. Of the defective hazelnut kernels, *Aspergillus* spp. (79.07%), *Cladosporium* spp. (9.30%), *Alternaria* spp. (3.49%), *Trichothecium roseum* (Pers.) Link (3.49%), *Rhizopus* spp. (2.33%), *Penicillium* sp. (1.16%) and *Phomopsis* sp. (1.16%) were isolated.

Keywords: powdery mildew on hazelnut, kernel disorder, storage, fatty acid composition, antioxidant capacity

Giriş

Türkiye fındık (*Corylus avellana* L.) üretim alanı, üretim miktarı ve ihracat miktarı açısından dünya lideri konumunda olup 2019 yılı verilerine göre dünya üretim alanının %73,4'ünü, üretim miktarının %69'unu ve ihracatının ise %61'ini karşılamaktadır (Bars, 2021). Fındık Türkiye'nin tarım ürünleri ihracatı içerisinde %15-20, toplam ihracat değeri içerisinde ise %2 paya sahiptir (İslam vd., 2021). Kimyasal kompozisyonuna bakıldığında fındık meyvesi yüksek oranda yağ içermekle birlikte (%54-62), fındık yağında tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit ($C_{18:1}\Delta^9$) baskın yağ asididir (%78-84) ve bunu çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit ($C_{18:2}\Delta^{9,12}$) takip etmektedir (Şahin vd., 2022). Fındık yağları yüksek oranda doymamış yağ asitleri ve az miktarda doymuş yağ asitleri içerdiğinden dolayı sağlık açısından önemli olup özellikle kalp ve damar hastalıklarına yakalanma riskini azaltıcı etkileri vardır. Fındık yağı yemeklik yağ olarak gıda sanayinde fırıncılık ve salata soslarında kullanıldığı gibi, ayrıca kozmetik sektöründe de çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır (Alaşalvar ve Shahidi, 2009).

Türkiye'de fındıklar genel olarak hasat sonrasında ortalama 12 ay muhafaza edilmektedir ve bu muhafaza süreci sırasında oluşan değişimlerle ilgili bazı çalışmalar yürütülmüştür (Turan, 2021). Son yıllarda fındıkta daha uzun süre depolama koşullarını kapsayan çalışmalara da rastlanmaktadır (Turan ve İslam, 2018; Turan ve Karaosmanoğlu, 2019).

Fındık üretiminde zaman zaman çeşitli hastalık ve zararlılar sorun olabilmektedir. Külleme hastalığı bunlardan biri olup son 7-8 yıla kadar Türkiye'de ve dünyada fındıkta küllemeye neden olan etmen *Phyllactinia guttata* (Wallr.: Fr) Lévl. olarak bilinmekte ve yaygın olarak görülmekteydi. Ancak 2013 yılından beri ülkemizde fındık üretim alanlarında çok daha ağır hastalık belirtileri gösteren, hem yaprak hem de meyvelerde gözlenen, fındık verimine çok daha büyük zarar veren bir *Erysiphe* türü ortaya çıkmış, bazı morfolojik özelliklerine göre hastalık etmeninin Türkiye'de ve dünyada ticari anlamda önemli fındık türü olan *C. avellana*'da daha önce rapor edilmemiş olan *Erysiphe* (section *Microsphaera*) taksonunda yer aldığı belirlenmiş; moleküler çalışmalar sonucunda ise tür düzeyinde teşhisi *E. corylacearum* olarak yapılmıştır (Sezer vd., 2017). Daha sonraki yıllarda hastalık Azerbaycan, İran, Gürcistan, Ukrayna, Romanya, İtalya, İspanya, İsviçre ve Avusturya'da da rapor edilmiştir (European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2022). Kısa sürede fındığın ana hastalıklarından biri haline gelen külleme için kültürel önlemlerle birlikte ilaçlı mücadele gerekliliği de ortaya çıkmış ve hastalığa karşı gerek kimyasal gerek alternatif mücadele araştırmaları yanında dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi üzerinde çeşitli çalışmalar yürütülmüştür (Lucas vd., 2018; Sezer, 2018; Türkkkan vd., 2018; Sezer vd., 2019). Hastalık nedeniyle yaprak, çotanak ve taze sürgünler üzerinde külleme belirtileri gözlenmekte, özellikle erken dönemde hastalığa yakalanan yaprak ve çotanaklarda kuruma, kıvrılma, vaktinden önce olgunlaşma ve döküm söz konusu olmaktadır. Hastalık fındıkta verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemekle birlikte verime etkisi için bir rakam belirtmek zordur. Hastalık etmeni direkt iç meyve üzerinde bir zarara neden olmamaktadır. Ancak hastalıktan etkilenen bitkilerin fizyolojik faaliyetlerini normal olarak yürütemeyecekleri gerçeği dikkate alındığında, bu durum diğer birtakım hastalıklar için uygun ortam oluşmasına neden olabilir. Fındıkta külleme hastalığının yoğun zararının görüldüğü son yıllarda hem fındık üreticileri hem de sanayiciler tarafından kalite kriterleriyle ilgili şikayetlerde artışlar olmuştur.

Bu çalışma külleme hastalığının fındıkta uzun süre depolama koşullarında bazı iç bozuklukları ve kalite parametrelerine bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Hastalığın bu problemlerle ilişkisini arazi koşullarında herhangi bir müdahalede bulunmadan belirlemek oldukça zordur. Çünkü doğal koşullarda deneme koşullarına uygun külleme hastalığı bulunan ve bulunmayan parseller bulmak mümkün olmamaktadır. Ancak hastalığa karşı mücadele yapılmış ve mücadele yapılmamış parsellerin birbiriyle karşılaştırılması mümkün olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla 2017 yılında yürütülen bir projede külleme hastalığına karşı kimyasal mücadele yapılmış ve etkili kontrol sağlanmış fındık parsellerinden alınan fındıklar ile mücadele yapılmamış ve hastalık şiddetinin yüksek olduğu parsellerden alınan fındıklar uzun süreli bir depolamanın ardından bazı iç bozuklukları ve kalite parametreleri bakımından karşılaştırılmıştır. Bu parametreler küflü iç, çürük iç, iç fındıklarda göbek boşluğunda kahverengi leke, lekeli iç, gizli küf görülme oranları, kuru madde, yağ, serbest yağ

asitliği, peroksit sayısı, antioksidan kapasitesi ve yağ asidi kompozisyonu olup çalışmada ayrıca bazı iç bozuklukları ile ilgili fungusların belirlenmesi de amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Daha önce yürütülen bir çalışma kapsamında (Sezer, 2018) fındıkta külleme hastalığına karşı kimyasal mücadele uygulanıp yeterli hastalık kontrolünün sağlandığı (etkili maddesi Azoxystrobin 200 g L⁻¹ + Difenoconazole 125 g L⁻¹ olan bir fungusit ile) parsellerden ve mücadele yapılmamış parsellerden (tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her parselde 3 ocağın yer aldığı) alınan, adi depo şartlarında uzun süre depolanan fındık örnekleri çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur. Çalışmada külleme hastalığına karşı mücadele yapılmış parsellerden alınan örnekler için fungusit uygulanmış, mücadele yapılmayan parsellerden alınan örnekler için ise kontrol terimleri kullanılmıştır. Fungal etmenlerin ve yoğunluklarının belirlenmesi çalışmaları için PDA (Patates Dekstroz Agar), petri kapları, lam, lamel vb. malzemeler, biyokimyasal analizler için de çeşitli kimyasallar ve cihazlar kullanılmıştır. Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit), etil alkol, sodyum tiyosülfat, dietil eter, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), %25 potasyum metilat ve potasyum iyodür Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) firmasından; hekzan, n-Butanol ve %25 sülfürik asit Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

Yöntem

Meyve İç Bozuklukları ve İlgili Fungusların Belirlenmesi

Meyve iç bozukluklarını belirlemek için her parselden alınan 200 adet kabuklu meyve tek tek kırılmış, küflü, çürük meyve sayıları ile boş meyve sayısı, abortif meyve, siyah uçlu meyve ve buruşuk meyve sayıları belirlenmiştir. Daha sonra sağlam görünüşlü iç fındıklardan 100 tanesi iç meyvedeki göbek boşluğunda kahverengi leke (GBKL), lekeli iç ve gizli küf yönünden bistüri ile parçalanarak incelenmiş, sonuçlar kaydedilmiş ve yüzde oranları belirlenmiştir.

Küflü, çürük ve diğer kusurlu içlerin %0.5-1'lik sodyum hipoklorit ile yüzeysel dezenfeksiyondan sonra PDA ortamına ekimi yapılmış olup gelişen fungusların teşhisi PDA'da gelişen 7-10 günlük kültür özellikleri ve konidi morfolojileri dikkate alınarak, Ellis (1971) ve Sutton (1980)'a göre yapılmıştır. Fungal gelişiminin yoğun olduğu küflü ve çürük fındıklardan direkt olarak misel aktarımı şeklinde de PDA'ya ekim yapılarak izolasyon gerçekleştirilmiştir. Kusurlu içler haricindeki sağlam görünen fındıklardan da rastgele örnekleme yapılarak PDA'ya ekim yapılmış (her parsel için 16 nokta ekim) ve ekim noktalarında gelişen fungus sayıları toplam ekim sayısına oranlanarak sonuçlar yüzde olarak belirlenmiştir.

Kuru Madde Miktarı Tayini

Şahin vd. (2019) tarafından belirtilen metoda göre kuru madde miktarı belirlenmiştir. Buna göre öğütülmüş fındık örnekleri (5 gram) nemi tamamen uzaklaştırılıncaya kadar yani sabit bir ağırlığa ulaşıncaya kadar etüvde (103±2°C) tutulmuş, bu şekilde oluşan ağırlık kaybı üzerinden kuru madde miktarı saptanmıştır.

Yağ Miktarı Tayini

Yağ tayini soxhalet cihazı (Velp Ser 148, Milano, İtalya) ile Şahin vd. (2019) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır. Bunun için öğütülmüş numunelerin önce nemi uzaklaştırılmış, daha sonra da ekstraksiyon işlemi için kartuşlara alınmıştır. Çözücü olarak hekzan kullanılmış olup ekstraksiyon sonrasında distilasyon işlemi ile hekzan tamamen uzaklaştırılmıştır. Böylece elde edilen yağ miktarı kuru madde üzerinden % olarak hesaplanmıştır.

Serbest Yağ Asitliği Tayini

Serbest yağ asitliği Şahin ve Özata (2022)'nin belirttiği metoda göre yapılmıştır. Bunun için etil alkol/dietileter karışımı önce indikatör yardımıyla NaOH çözeltisi (0.1 N) ile nötrleştirilmiş ve yağın üzerine ilave edilip, pembe renk oluşana kadar tekrar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı üzerinden % oleik asit cinsinden serbest yağ asitleri miktarı hesaplanmıştır (Şahin, 2011).

Peroksit Sayısı Tayini

Peroksit sayısı Şahin (2011)'in belirttiği metoda göre belirlenmiştir. Asetik asit/izooktan karışımı ile çözündürülen yağ üzerine doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklenip hızlıca çalkalanmıştır. Üzerine saf su ilave edilip sodyum tiyosülfata karşı titre edilmiştir. Peroksit sayısı meq O₂ kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi

Şahin vd. (2019) tarafından belirtilen metoda göre toplam antioksidan kapasitesi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali yardımıyla ile trolox eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Öncelikle fındık örnekleri n-butanol ile çözündürülmüş, ardından 0,6 mM DPPH çözeltisi ile karıştırılıp 30 dakika oda koşullarında inkübe edildikten sonra absorbansı 515 nm'de spektroskopide (Perkin–Elmer Lambda 35 UV/Vis Spektroskopi, Amerika) okutulmuştur.

Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

Şahin vd. (2012) tarafından belirtilen metoda göre yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Bunun için fındık yağ numunesi içerisindeki yağ asitleri potasyum metilat çözeltisi (%25) ile metil esterlerine türevlendirilerek gaz kromatografisi (GC) ile tayini gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan GC (Shimadzu, Tokyo, Japonya) FID dedektör ile donatılmış olup, yağ asitlerinin ayrıştırılmasında 60 m × 0.25 mm I.D., 0.20 µm film kalınlığı özelliklerine sahip TR-CN100 kolonu (Teknokroma, İspanya) kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak azot kullanılmıştır.

Veri analizi

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Microsoft Excel 2016 (Microsoft Co., WA ve ABD) programı kullanılarak iki kuyruklu bir t-testi yapılmıştır. Student t testi ile ortalamalar p<0.05 önem düzeyinde karşılaştırılmıştır.

Bulgular

Meyve ve iç kusurlarını ve ilgili fungal etmenleri belirlemek amacıyla daha önce yürütülen bir çalışma sonucunda, külleme hastalığına karşı fungusit uygulaması yapılmış olan fındık parselleri ve uygulama yapılmayan parsellerden alınan 200 adet kabuklu meyve tek tek kırılmış, küflü, çürük meyve sayısı, boş meyve sayısı, abortif meyve, siyah uçlu meyve ve buruşuk meyve sayıları belirlenmiştir (Tablo 1).

Meyve kusurları yönünden külleme hastalığına karşı mücadele yapılmış ve yapılmamış parsellerden alınıp uzun süre depolanan fındık örnekleri arasında küflü iç sayısı hariç önemli bir fark tespit edilmemiştir. Sağlam görünümlü iç fındıklardan 100 tanesinin kesilmesi ile iç meyvedeki göbek boşluğunda kahverengi leke, lekeli iç ve gizli küf ile ilgili sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Fungisit Uygulanmış ve Fungisit Uygulanmamış Parsellerdeki Meyve Kusurlarının Oranları (%)

Uygulama	BFO	BKFO	AİO	BUIO	SUIO	KİO*	ÇİÇ	TKMO
Fungisit uygulanmış	14.25±1.26	1.50±0.91	1.25±1.19	7.50±2.61	2.13±0.25	1.88±0.63	0.50±10	29±3.58
Kontrol	12.75±0.87	2.13±1.44	1.38±1.32	8.25±1.32	2.00±1.63	6.13±2.66	0.63±0.75	33.25±4.57

* Ortalamalar arasında anlamlı bir fark vardır (p<0.05). BFO, boş fındık oranı; BKFO, boş ve küflü fındık oranı; AİO, abortif iç oranı; BUIO, buruşuk iç oranı; SUIO, siyah uçlu iç oranı; KİO, küflü iç oranı; ÇİÇ, çürük iç oranı; TKMO, toplam kusurlu meyve oranı.

İç meyve kusurları açısından külleme mücadelesi yapılmış ve yapılmamış parsellerden alınıp uzun süre depolanan fındık örnekleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Küflü, çürük ve diğer kusurlu iç fındıklardan PDA ortamına ekim yapılmış olup, gelişen funguslar, koloni sayıları ve yüzde oranları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Fungisit Uygulanmış ve Fungisit Uygulanmamış Parsellerde İç Meyvelerdeki GBKL, Lekeli İç Ve Gizli Küf Oranları (%)

Uygulama	GBKL'li İç Oranı	Lekeli İç Oranı	Gizli Küflü İç Oranı	Toplam Kusurlu İç Oranı
Fungisit Uygulanmış	25.00±7.16	8.00±2.94	0.50±0.58	33.50±6.19
Kontrol	35.00±12.35	8.00±0.82	1.25±0.50	44.25±12.59

GBKL göbek boşluğunda kahverengi leke

Tablo 3. Kusurlu İç Fındıklardan İzole Edilen Funguslar, Koloni Sayıları Ve Oranları (%)

Fungus adı	Koloni Sayısı	Oranı
<i>Aspergillus</i> spp.	68	79.07
<i>Cladosporium</i> spp.	8	9.30
<i>Alternaria</i> spp.	3	3.49
<i>Trichothecium roseum</i>	3	3.49
<i>Rhizopus</i> spp.	2	2.33
<i>Penicillium</i> sp.	1	1.16
<i>Phomopsis</i> sp.	1	1.16
Toplam	86	100

Sağlam iç fındıkların PDA ortamına ekimi sonucu ekim noktalarında olan fungal gelişmelerin karşılaştırılmasında külleme hastalığına karşı mücadele yapılmış parsellerde ekim noktalarında fungal gelişme oranı %42.19 iken kontrol parsellerinde bu oran %50.00 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Fungal gelişme görülen petrilere tamamında *Aspergillus* spp. gözlenmiştir.

Tablo 4. Sağlam İç Fındıklarda Gelişen Fungus Oranları (%)

Uygulama	Gelişen Fungus Oranı
Fungisit Uygulanmış	42.19 ± 16.44
Kontrol	50.00 ± 11.41

Tablo 5'de kimyasal mücadele uygulanmış ve yeterli hastalık kontrolü sağlanmış parsellerden ve mücadele yapılmamış parsellerden alınan ve adi depo şartlarında depolanan fındık örneklerinin kuru madde miktarı ve yağ miktarı verilmiştir. Kuru madde miktarları fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındıklarda %95.05, fungusit uygulanmamış parsellerden alınan numunelerde (kontrol) %94.88 olarak bulunmuştur. Yağ miktarları fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındıklarda %57.81, kontrol numunelerinde de %55.15 olarak tespit edilmiştir. Veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde hem kuru madde hem de yağ miktarları bakımından fungusit uygulanmış ve kontrol numuneleri arasında önemli bir değişim saptanmamıştır ($p>0.05$). Bu verilere göre külleme mücadelesine bağlı kimyasal bileşimin değişmediği görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. İncelenen Fındık Numunelerinin Kuru Madde ve Yağ Miktarları

Uygulama	Kuru Madde Miktarı (%)	Yağ Miktarı (%)
Fungisit Uygulanmış	95.05 ± 0.17	57.81 ± 2.22
Kontrol	94.88 ± 0.27	55.15 ± 3.14

Tablo 6'da kimyasal mücadele uygulanmış ve yeterli hastalık kontrolü sağlanmış parsellerden ve mücadele yapılmamış parsellerden alınan adi depo şartlarında depolanan fındık numunelerinden elde edilen yağların peroksit sayısı ile serbest yağ asit miktarları verilmiştir. Peroksit sayılarının fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındık yağlarında 4.41 meq O₂ kg⁻¹, kontrol numunelerinde ise 3.1 meq O₂ kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Oleik asit cinsinden serbest yağ asitliği miktarları da fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındık yağlarında %0.77, kontrol numunelerinde ise %1.58

olarak hesaplanmıştır. İstatiksel olarak $p < 0.05$ önem düzeyinde hem peroksit hem de serbest yağ asitliği verileri bakımından fungusit uygulanmış ve kontrol numuneleri arasında bir fark tespit edilememiştir.

Tablo 6. İncelenen Fındık Numunelerinden Elde Edilen Yağların Peroksit Sayısı ile Serbest Yağ Asit Miktarları

Uygulama	Peroksit Sayısı (meq O ₂ kg ⁻¹)	Serbest Yağ Asitliği (%)
Fungisit Uygulanmış	4.41 ± 1.06	0.77 ± 0.06
Kontrol	3.10 ± 0.60	1.58 ± 0.78

Tablo 7’de kimyasal mücadele uygulanmış ve yeterli hastalık kontrolü sağlanmış parsellerden ve mücadele yapılmamış parsellerden alınan adi depo şartlarında depolanan fındık numunelerinden elde edilen yağların yağ asiti kompozisyonu verilmiştir. Buna göre fındık numunelerinde en fazla bulunan yağ asidi olan tekli doymamışlardan oleik asit (C_{18:1}Δ⁹), fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındık yağlarında %79.3, kontrol numunelerinde ise %76.78 olarak bulunmuştur. Bunu çoklu doymamışlardan linoleik asit (C_{18:2}Δ^{9,12}) takip etmekte olup fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındık yağlarında %9.17, kontrol numunelerinde ise %10.74 olarak tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (C_{16:0}) fungusit uygulanmış parsellerden temin edilen fındık yağlarında %5.35, kontrol numunelerinde ise %5.39 olarak bulunmuştur. Doymuş yağ asitlerinden stearik asit (C_{18:0}) ise ilaçlama yapılmış parsellerden temin edilen fındık yağlarında %2.40, kontrol numunelerinde ise %2.39 olarak bulunmuştur. Veriler istatiksel olarak değerlendirildiğinde palmitik, stearik ve oleik asit miktarları bakımından fungusit uygulanmış ve kontrol numuneleri arasında önemli bir değişim görülmezken ($p > 0.05$), linoleik asit miktarı kontrol numunelerinde daha fazla bulunmuştur.

Tablo 7. İncelenen Fındık Numunelerinin Yağ Asidi Kompozisyonu

Uygulama	Palmitik Asit (%)	Stearik Asit (%)	Oleik Asit (%)	Linoleik Asit (%)*
Fungisit Uygulanmış	5.35 ± 0.31	2.40 ± 0.11	79.30 ± 1.12	9.17 ± 0.58
Kontrol	5.39 ± 0.39	2.39 ± 0.01	76.78 ± 1.54	10.74 ± 0.97

* Ortalamalar arasında anlamlı bir fark vardır ($p < 0.05$)

Tablo 8’de verilen toplam antioksidan kapasitesi verilmiştir. Fungisit uygulanmış parsellerden temin edilen fındık numunelerinde 1.16 ± 0.06 mmol L⁻¹ TE (trolloks eşdeğeri), kontrol numunelerinde ise 0.98 ± 0.11 mmol L⁻¹ TE olarak hesaplanmıştır. İstatiksel olarak $p < 0.05$ önem düzeyinde toplam antioksidan kapasitesi bakımından fungusit uygulanmış ve kontrol numuneleri arasında bir fark tespit edilememiştir.

Tablo 8. İncelenen Fındık Numunelerinin Toplam Antioksidan Kapasitesi

Uygulama	Toplam Antioksidan Kapasitesi
Fungisit Uygulanmış	1.16 ± 0.06 mmol L ⁻¹ TE
Kontrol	0.98 ± 0.11 mmol L ⁻¹ TE

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Külleme hastalığına karşı mücadele yapılmış olan fındık parselleri ve mücadele yapılmayan (kontrol) parsellerden alınan 200 adet kabuklu meyvenin incelenmesi sonucu fungusit uygulanmış parsellerden alınan fındıkların toplamda %29’u, kontrol parsellerinden alınan fındıkların ise %33.25’i kusurlu olarak belirlenmiştir. Fungisit uygulanmış ve kontrol parsellerinde sırasıyla %14.25 ve %12.75 boş fındık, %1.50 ve %2.13 boş ve küflü fındık, %1.50 ve %1.38 abortif, %7.50 ve %8.25 buruşuk fındık, %2.13 ve %2.00 siyah uçlu meyve, % 1.88 ve % 6.13 küflü iç, %0.50 ve % 0.63 oranlarında çürük iç görülmüştür. Yapılan t testi ile bu ortalama değerler arasındaki farklardan sadece küflü iç değerleri arasındaki farklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Uzun süreli depolamada özellikle küflü iç ve çürük iç oranlarının etkileneceği düşünüldüğünde külleme hastalığının mücadelesinin bu açıdan olumlu sonuç verdiği söylenebilir (çürük iç oranları arasındaki fark önemli olmasa da). 2008 yılında Ordu, Giresun ve

Trabzon illerinde yürütülen bir çalışmada toplam 5886 adet kabuklu fındık incelenmiş, boş fındık oranı ortalama %15.85 iken küflü ve çürük meyve oranı %0.59 gibi nispeten düşük bir oranda tespit edilmiştir. Bunun yanında %0.46 oranında da boş olduğu halde küflü olan fındık belirlenmiştir (Sezer ve Dolar, 2016). Söz konusu çalışmada fındıklar hasat edildikten sonra uzun süre depolanmadan incelenmiştir, oysa mevcut çalışmada fındıklar 22 ay depolandıktan sonra değerlendirilmiştir.

Sağlam görünüşlü iç fındıkların incelenmesi sonucu fungusit uygulanmış parsellerde incelenen fındıkların toplam %33.5'inin, kontrol parsellerinde ise %44.25'inin kusurlu olduğu belirlenmiştir. Bu kusurlar GBKL (%25.00 ve %35.00 oranlarında), lekeli iç (%8.00 ve %8.00) ve gizli küf (%0.50 ve %1.25) olarak sıralanmıştır. Ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur. Sezer ve Dolar (2016)'ın çalışmasında göbek boşluğunda kahverengi leke oranı %2.36, lekeli iç oranı ise %0.82 olarak belirlenmiştir.

Küflü-çürük ve diğer kusurlu iç fındıklardan PDA ortamında yapılan izolasyon çalışmaları sonucu gelişen 86 adet fungal koloninin büyük bir bölümünü *Aspergillus* spp. (%79.07) oluşturmuştur. Diğerleri ise *Cladosporium* spp. (%9.30), *Alternaria* spp. (%3.49), *Trichothecium roseum* (%3.49), *Rhizopus* spp. (%2.33), *Penicillium* sp. (%1.16) ve *Phomopsis* sp. (%1.16) olarak tespit edilmiştir. Sezer ve Dolar (2016) da *Alternaria* spp. hariç diğer fungusları izole etmiştir ancak izolasyon oranları oldukça farklı bulunmuş, özellikle *Aspergillus* spp.'nin izolasyon oranı diğerlerine göre oldukça düşük kaydedilmiştir. Bu durumda da yine depolama süresinin etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim Tunail (2000) tahıl ve diğer daneli bitkilerde (baklagillerde) tarla döneminde çok sayıda fungus geliştiğini, bu ürünlerin depoya alındığında önce geçiş (ara) fungus florasının oluştuğu (*Epicoccum*, *Chatemium*, *Nigrospora*, *Rhizopus*, *Papullaria*, *Fusarium nivale*, *Trichothecium roseum* cins ve türlerini içeren), uzun süre depolanmış hububat ve baklagil danelerinde ise *Eurotium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerinin dominant hale geldiğini belirtmektedir.

Sağlam iç fındıkların PDA ortamına ekimi sonucu ekim noktalarında olan fungal gelişmelerin karşılaştırılmasında külleme hastalığına karşı mücadele yapılmış parsellerde ekim noktalarında fungal gelişme oranı %42.19 iken kontrol parsellerinde %50.00 olarak bulunmuştur. Bu fark istatistiki açıdan önemsizdir ($p>0.05$). Fungal gelişme görülen petrilere tamamında *Aspergillus* spp. gözlenmiştir. Oregon'da yapılan bir çalışmada küflü fındık içlerinde en yüksek oranda *Penicillium* spp. olmakla birlikte *Aspergillus*, *Cladosporium* ve *Diaporthe rudis* gibi fungusların da izole edildiği (belirti göstermeyen fındıklardan da) belirtilmiştir (Pscheidt vd., 2019). Battilani vd. (2018) Gürcistan'da fındıkta meyve kusurlarına neden olan etmenlerin belirlenmesi üzerinde yaptıkları bir çalışmada hem belirti gösteren hem de belirti göstermeyen fındık örneklerinden *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis* ve *Phoma* cinslerine dahil fungusları izole etmişler, yaygın olan etmenin ise *Diaporthe* spp. olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada *Aspergillus* spp. tüm izolasyonlarda en yaygın fungus grubu olması ve sağlam fındıklardan da yüksek oranda izole edilmesi nedeniyle meyve kusurları ile doğrudan ilişkilendirilmese de neden olabileceği aflatoksin problemi nedeniyle önem arz etmektedir. Bundan kaynaklanan kalite kayıplarının ve sağlık açısından oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçebilmek için fındıkların uygun koşullarda depolanmasına dikkat edilmelidir.

Biyokimyasal analizlerle ilgili olarak, çalışmada elde edilen bulgulara göre kuru madde miktarı ile yağ miktarının külleme hastalığının mücadelesine bağlı olarak değişmediği görülmektedir. Çalışmada bulunan fındık numuneleri kuru madde miktarlarının Şengül (2019)'ün Tombul fındıkta tespit ettiği kuru madde miktarı (%94.48-95.74) ile Karaosmanoğlu (2012)'nin çalışmasındaki Tombul fındık kuru madde değerlerine (%94.64) oldukça yakın olduğu görülmektedir. Çalışmada belirlenen fındık numuneleri yağ oranlarının Şengül (2019)'ün Tombul fındıkta tespit ettiği yağ miktarına (%51.42-62.35) yakın, Güneş vd. (2010)'nin Tombul fındık çeşidinde buldukları yağ miktarından ise (%64.11) düşük olduğu görülmektedir.

Kuru madde ve yağ miktarlarında olduğu gibi serbest yağ asitliği ve peroksit sayılarının da külleme hastalığının mücadelesine bağlı olarak değişmediği görülmektedir. Çalışmada belirlenen peroksit

sayılarının Şengül (2019)'ün taze fındık yağında saptadığı peroksit sayısından ($1.30-1.86 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$) yüksek olduğu, bunun nedeninin de adi depolama koşullarına bağlı oksidatif bozulmalar olduğu düşünülmektedir. Çalışmada bulunan serbest yağ asitliği değerlerinin ise Şengül (2019) ile Kesen vd. (2016)'nin Tombul fındık yağına ait çalışma bulgularına (%1.37) benzer olduğu görülmüştür.

Çalışmada incelenen diğer parametrelerden biri olan yağ asitlerinin (linoleik asit hariç) kütleme hastalığının mücadelesine bağlı olarak değişmediği görülmektedir. Çalışmada incelenen fındık numunelerinde tespit edilen oleik asit miktarının Köksal vd. (2006)'nin Tombul fındıkta buldukları oleik asit miktarına (%77.80) benzer, Şengül (2019)'ün Tombul fındıkta tespit ettiği oleik asit miktarından ise (%85.41-86.89) daha küçük olduğu görülmektedir. Çalışmada incelenen fındık numunelerinde tespit edilen linoleik asit miktarının Karaosmanoğlu (2018)'nin Tombul fındıkta tespit ettiği linoleik asit miktarına (%9.5-10.01) benzer, Şengül (2019)'ün Tombul fındıkta tespit ettiği linoleik asit miktarından ise (%6.33-7.43) daha yüksek olduğu görülmektedir.

Toplam antioksidan kapasitesinin de çalışmada incelenen diğer parametrelerde olduğu gibi kütleme hastalığının mücadelesine bağlı olarak değişmediği görülmektedir. Literatür verileri ile karşılaştırıldığında elde edilen verilerin Şengül (2019)'ün çalışmasından (0.19 ile $0.48 \text{ mmol L}^{-1} \text{ TE}$) daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışma sonucunda kütleme hastalığına karşı mücadele yapılan ve yapılmayan bahçelerden alınan örneklerin uzun süre depolama koşullarında, incelenen çoğu özellik açısından farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Ancak bu konu üzerinde farklı koşullarda benzer çalışmalar yürütülmesi, karşılaştırmalar yaparak daha kesin yargıya varmak için yararlı olacaktır.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi (HD-1909 no'lu proje) tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı ilgili kuruma teşekkür ederiz.

Yazar Katkısı

Arzu Sezer, örnekleri temin etti, iç bozuklukları ve bunlarla ilgili fungusların tespitini, verilerin istatistiksel analizlerini yaparak karşılaştırmaları gerçekleştirdi. Sümeyye Şahin, biyokimyasal analizlerin yapılmasını, değerlendirilmesini ve bunlarla ilgili istatistiksel analizlerini yaparak karşılaştırmaları gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Arzu Sezer  <https://orcid.org/0000-0002-8215-2125>

Sümeyye Şahin  <https://orcid.org/0000-0002-9344-7690>

Kaynaklar

Alaşalvar, C. ve Shahidi, F. (2009). *Tree nuts: Composition phytochemicals and health effects*. CRC Press.

Bars, T. (2021). Ürün raporu fındık 2021 (Yayın no. 340). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%>

[C4%B1/2021%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/F%C4%B1nd%C4%B1k%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202021-340%20TEPGE.pdf](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-22872)

- Battilani, P., Chiusa, G., Arciuolo, R., Somenzi, M., Fontana, M., Castello, G. ve Spigolon, N. (2018). *Diaporthe* as the main cause of hazelnut defects in the Caucasus region. *Phytopathologia Mediterranea*, 57, 320-333. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-22872
- Ellis, M. B. (1971). *Dematiaceous hyphomycetes*, Commonwealth Mycological Institute.
- European ve Mediterranean Plant Protection Organization (2022). *Erysiphe corylacearum*, distribution. <https://gd.eppo.int/taxon/ERYSCY/distribution/AT> adresinden 15 Mayıs 2022 tarihinde alınmıştır.
- Güneş, N. T., Köksal, A. İ., Artık, N. ve Poyrazoğlu, E. (2010). Biochemical content of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars from West Black Sea Region of Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 75(2), 77-84. <https://www.pubhort.org/ejhs/2010/1430861.htm>
- İslam, A., Tüfekçi, F. ve Turan, A. (2021). Genel Özellikler. A. İslam (Ed.), *Fındık* (s. 1-19) içinde. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Karaosmanoğlu, H. (2012). *Geleneksel yöntemlerle depolanan kabuklu fındıkların antioksidan kapasitesindeki değişim*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. On Dokuz Mayıs Üniversitesi.
- Karaosmanoğlu, H. (2018). *Organik fındığın besinsel karakterizasyonu*. [Yayımlanmamış doktora tezi]. On Dokuz Mayıs Üniversitesi.
- Kesen, S., Sönmezdağ, A. S., Kelebek, H. ve Selli, S. (2016). Ham ve rafine fındık yağlarının yağ asitleri bileşimi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 79-84. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cutarim/issue/30642/329583>
- Köksal, A. İ., Artık, N., Şimşek, A. ve Güneş, N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509-515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.013>
- Lucas, S. J., Sezer, A., Boztepe, Ö., Kahraman, K. ve Budak, H. (2018). Genetic analysis of powdery mildew disease in Turkish hazelnut. *Acta Horticulturae*, 1226, 413-420. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.63>
- Pscheidt, J. W., Heckert, S., Wiseman, M. ve Jones, L. (2019). Fungi associated with and influence of moisture on development of kernel mold of hazelnut. *Plant Disease*, 103, 922-928. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1520-RE>
- Sezer A. (2017). Külleme hastalığının fındık alanlarındaki coğrafi dağılımı [Çalıştay]. 25 Ekim 2016 Fındıkta Külleme Çalıştayı. Trabzon, Türkiye.
- Sezer, A. (2018, June, 9-13). *Evaluation of effectiveness of some environmentally fiendly products on hazelnut powdery mildew caused by Erysiphe corylacearum* [Poster]. International Ecology 2018 Symposium, Kastamonu, Türkiye.
- Sezer, A., Bilgen, Y., Duyar, Ö., Bulam Köse, Ç., Gümüş, E. ve Er, T. (2019). *Erysiphe corylacearum*'un neden olduğu külleme hastalığına karşı Giresun ili fındık üretim alanlarında kimyasal mücadele olanaklarının belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(Özel Sayı), 71-78. <https://doi.org/10.29278/azd.656526>
- Sezer, A., Dolar F. S., Lucas S. J, Köse Ç. ve Gümüş E. (2017). First report of the recently introduced, destructive powdery mildew *Erysiphe corylacearum* on hazelnut in Turkey. *Phytoparasitica*, 45, 577-581. <https://doi.org/10.1007/s12600-017-0610-1>
- Sezer, A. ve Dolar, F. S. (2016). Hazelnut kernel defects and associated fungi in three provinces in Turkey. *Proceedings of VII International Scientific Agriculture Symposium*, Jahorina, 1312-1318.

<http://agrosym.ues.rs.ba/article/showpdf/BOOK%20OF%20PROCEEDINGS%202016%20FINAL.pdf>

- Sutton, B. C. (1980). *The coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata*. Commonwealth Mycological Institute.
- Şahin, S., Kılıç, Ö., Şengül, S. ve Perçin, S. (2019). Farklı illerden temin edilen fındık zarının bileşimi ve antioksidan etkinliğinin araştırılması. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(1), 27-35. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd/issue/46631/567082>
- Şahin, S. (2011). *Bewertung der licht-induzierten Lipidstabilität von konventionellen und high-oleic Rabsölen supplementiert mit natürlichen Antioxidantien*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Hamburg University.
- Şahin, S. ve Özata, A. B. (2022). Substitution of cocoa powder with hazelnut skin powder in cocoa hazelnut spreads. *Journal of Food Processing and Preservation*, e17276. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17276>
- Şahin, S., Tonkaz, T. ve Yarılgaç, T. (2022). Chemical composition, antioxidant capacity and total phenolic content of hazelnuts grown in different countries. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 262-270. <https://doi.org/10.33462/jotaf.893244>
- Şengül, S. (2019). *Fındık yağı kimyasal kompozisyonu antioksidan kapasitesi ve kalite parametreleri üzerine fındık hasat tarihi ve rakımın etkisi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Tunail, N. (2000). *Funguslar ve mikotoksinler*. <http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/DosyaGoster.aspx?DIL=1&BELGEANAH=784&DOSYAISI=M=210010320.pdf> adresinden 15 Mayıs 2022 tarihinde alınmıştır.
- Turan, A. ve İslam, A. (2018). Postharvest differences between ‘Tombul’ and ‘Palaz’. *Acta Horticulturae*, 1226, 351-358. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.53>
- Turan, A. ve Karaosmanoğlu, H. (2019). Effect of drying methods on long term storage of hazelnut. *Food Science and Technology*, Campinas, 39(Suppl. 2), 406-412. <https://doi.org/10.1590/fst.20518>
- Türkkan, M., Erper İ., Eser Ü. ve Baltacı, A. (2018). Evaluation of inhibitory effect of some bicarbonate salts and fungicides against hazelnut powdery mildew. *Gesunde Pflanzen*, 70, 39-44. <https://doi.org/10.1007/s10343-017-0411-y>



ORDU ÜNİVERSİTESİ
BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ

Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi
Cumhuriyet Mahallesi No:218 Müzik ve Sahne Sanatları
Fakültesi Binası 3. Kat Fen Bilimleri Enstitüsü 52200
Altınordu/ORDU

Tel: 0 452 226 52 00
Faks: 0 452 226 52 20

<http://btd.odu.edu.tr>
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd>