

10. | 1. | 2024

cilt  
volume

sayı  
issue

nisan  
april

e-ISSN: 2149-8245

# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (IJAWS)

International Journal of  
Agriculture and Wildlife Science



# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi

IJAWS

Cilt:10 Sayı:1

Nisan 2024

e-ISSN: 2149-8245

## SAHİBİ

**Prof. Dr. Mustafa ALİŞARLI**

Rektör, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

## BİLİMSEL YAYIN VE DERGİLER KOORDİNATORLÜĞÜ

**Doç. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU** - mustafayigitoglu@ibu.edu.tr  
Koordinator, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

**Doç. Dr. Fatma DEMİRAY AKBULUT** - demiray\_f@ibu.edu.tr  
Koordinator Yardımcısı, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Can DOĞAN** - can.dogan@ibu.edu.tr  
Koordinator Yardımcısı, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

## SORUMLU MÜDÜR

**Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ** - vahdettinciftci@ibu.edu.tr

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## BAŞ EDITÖR

**Prof. Dr. Hakan KİBAR** - hakan.kibar@ibu.edu.tr

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## YAYIN KURULU

**Prof. Dr. Göksel Özer**  
**Prof. Dr. Ahmet Öztürk**  
**Prof. Dr. Mustafa Sürmen**  
**Doç. Dr. İhsan CANAN**  
**Doç. Dr. Cihangir KIRAZLI**

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye  
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aydın-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## ALAN EDITÖRLERİ

**Prof. Dr. Todd WEHNER**  
**Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira PINTO**  
**Prof. Dr. Handan ESER**  
**Prof. Dr. Beyhan KİBAR**  
**Prof. Dr. Halil KÜTÜK**  
**Prof. Dr. Göksel ÖZER**  
**Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK**  
**Prof. Dr. Mustafa SÜRME**  
**Doç. Dr. Yusuf ARSLAN**  
**Doç. Dr. İhsan CANAN**  
**Doç. Dr. Cihangir KIRAZLI**  
**Doç. Dr. Nezi OKUR**  
**Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ**  
**Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL**  
**Doç. Dr. Gafur GÖZÜKARA**  
**Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SAUK**  
**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahit YEKEN**  
**Dr. Esin HAZNECİ**

North Carolina State University, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina-USA  
Federal University of Lavras, School of Agricultural Sciences of Lavras, Lavras-Brasil  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye  
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aydın-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eskişehir-Türkiye  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye

## DANIŐMA KURULU

Prof. Dr. Maria Luisa BADENES  
Prof. Dr. Shawn MEHLENBACHER  
Prof. Dr. Halil KÜTÜK  
Prof. Dr. Anita SOLAR  
Prof. Dr. Petru TOMITA  
Prof. Dr. Süleyman TEMEL  
Assoc. Prof. Dr. Iurie MELNIC  
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Kumar VERMA  
Dr. Luiz Eduardo Santos LAZZARINI

Valencian Institute for Agricultural Research, Valencia-Spain  
Oregon State University, College of Agricultural Sciences, Oregon-USA  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
University of Ljubljana, Faculty of Biotechnical, Ljubljana-Slovenia  
State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova  
İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, İğdır-Türkiye  
State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova  
SAGE University, Institute of Biological Science, Indore-India  
Federal University of Lavras, Agriculture Department, Lavras-Brasil

## İNGİLİZCE DİL EDİTÖRÜ

Prof. Dr. B. Buhara YÜCESAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## TEKNİK EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Sami KOCA  
Arş. Gör. Orkun EMİRALİOĞLU  
Arş. Gör. Hakkı Ekrem SOYDEMİR  
Arş. Gör. Mustafa Said BAYRAM

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## HAKEM KURULU

Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, en az iki hakemin görev aldığı çift taraflı kör hakemlik sistemi kullanmaktadır. Hakem isimleri gizli tutulmakta ve yayımlanmamaktadır.

## ADRES

Yazışma Adresi  
Telefon  
Faks  
E-posta

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
+90 0374 253 43 45  
+90 374 253 43 46  
ijawseditor@ibu.edu.tr

## DİZİNLENME BİLGİLERİ

“Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi [JAWS]” yılda üçkez (Nisan-Ağustos-Aralık) yayınlanan hakemli, akademik uluslararası bir dergidir. **IJAWS’ da** yayınlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. Yayın dili Türkçe olmakla beraber diğer dillerde de yazılar yayınlanmaktadır. Yayınlanan yazıların bütün yayın hakları **IJAWS’ a** ait olup, yayıncının izni olmadan kısmen veya tamamen basılamaz, çoğaltılamaz ve elektronik ortama taşınamaz. Yazıların yayınlanıp yayınlanmamasından yayın kurulu sorumludur.” Ayrıca Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi Dergipark üyesidir.

Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi [JAWS];  
TÜBİTAK – ULAKBİM TR Dizin (Ziraat ve Temel Bilimler Veri Tabanı),  
DOAJ (Directory of Open Access Journals)  
Cab Abstract

# International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences

## IJAWS

Volume:10 Issue:1

April 2024

e-ISSN: 2149-8245

### OWNER

**Prof. Dr. Mustafa ALIŞARLI**  
Rektor, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-Turkey

### SCIENTIFIC PUBLICATIONS AND JOURNALS COORDINATOR

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU** - mustafayigitoglu@ibu.edu.tr  
Coordinator, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-TURKEY

**Assoc. Prof. Dr. Fatma DEMİRAY AKBULUT** - demiray\_f@ibu.edu.tr  
Coordinator Assistant, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-TURKEY

**Assist. Prof. Dr. Can DOĞAN** - can.dogan@ibu.edu.tr  
Coordinator Assistant, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-TURKEY

### RESPONSIBLE MANAGING EDITOR

**Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ** - vahdettinciftci@ibu.edu.tr  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-TURKEY

### EDITOR IN CHIEF

**Prof. Dr. Hakan KİBAR** - hakan.kibar@ibu.edu.tr  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-TURKEY

### EDITORIAL BOARD

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Prof. Dr. Göksel Özer</b>     | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |
| <b>Prof. Dr. Ahmet Öztürk</b>    | Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey         |
| <b>Prof. Dr. Mustafa Sürmen</b>  | Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Aydın-Turkey   |
| <b>Doç. Dr. İhsan CANAN</b>      | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |
| <b>Doç. Dr. Cihangir KİRAZLI</b> | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |

### FIELD EDITORS

|  |   |
|--|---|
| <b>Prof. Dr. Todd WEHNER</b>                       | North Carolina State University, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina-USA |
| <b>Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira PINTO</b> | Federal University of Lavras, School of Agricultural Sciences of Lavras, Lavras-Brasil        |
| <b>Prof. Dr. Handan ESER</b>                       | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Prof. Dr. Beyhan KİBAR</b>                      | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Prof. Dr. Halil KÜTÜK</b>                       | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Prof. Dr. Göksel ÖZER</b>                       | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK</b>                      | Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey                               |
| <b>Prof. Dr. Mustafa SÜRMEEN</b>                   | Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Aydın-Turkey                         |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Yusuf ARSLAN</b>               | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Assoc. Prof. Dr. İhsan CANAN</b>                | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Cihangir KİRAZLI</b>           | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Nezih OKUR</b>                 | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Ferit SÖNMEZ</b>               | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL</b>        | Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey                               |
| <b>Assoc. Prof. Gafur GÖZÜKARA</b>                 | Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Eskişehir-Turkey                      |
| <b>Assist. Prof. Dr. Hüseyin SAUK</b>              | Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey                               |
| <b>Assist. Prof. Dr. Mehmet Zahit YEKEN</b>        | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey                       |
| <b>Dr. Esin HAZNECİ</b>                            | Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey                               |

## ADVISORY BOARD

|   |  |
|---|--|
| <b>Prof. Dr. Maria Luisa BADENES</b>        | Valencian Institute for Agricultural Research, Valencia-Spain            |
| <b>Prof. Dr. Shawn MEHLENBACHER</b>         | Oregon State University, College of Agricultural Sciences, Oregon-USA    |
| <b>Prof. Dr. Halil KÜTÜK</b>                | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Türkiye |
| <b>Prof. Dr. Anita SOLAR</b>                | University of Ljubljana, Faculty of Biotechnical, Ljubljana-Slovenia     |
| <b>Prof. Dr. Petru TOMITA</b>               | State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova                   |
| <b>Prof. Dr. Süleyman TEMEL</b>             | Iğdır University, Faculty of Agriculture, Iğdır-Turkey                   |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Iurie MELNIC</b>        | State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova                   |
| <b>Assoc. Prof. Dr. Sandeep Kumar VERMA</b> | SAGE University, Institute of Biological Science, Indore-India           |
| <b>Dr. Luiz Eduardo Santos LAZZARINI</b>    | Federal University of Lavras, Agriculture Department, Lavras-Brasil      |

## ENGLISH LANGUAGE EDITOR

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Prof. Dr. B. Buhara YÜCESAN</b> | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Türkiye |
|------------------------------------|--|

## TECHNICAL EDITORS

|  |   |
|--|---|
| <b>Assist. Prof. Dr. Abdurrahman Sami KOCA</b> | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |
| <b>Res. Assist. Orkun EMİRALIOĞLU</b>          | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |
| <b>Res. Assist. Hakkı Ekrem SOYDEMİR</b>       | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |
| <b>Res. Assist. Mustafa Said BAYRAM</b>        | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey |

## REFEREE BOARD

**International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences**, uses double-blind review fulfilled by at least two reviewers. Referee names are kept strictly confidential.

## ADDRESS

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Contact Address</b> | Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Türkiye |
| <b>Telephone</b>       | +90 0374 253 43 45   |
| <b>Fax</b>             | +90 374 2534346  |
| <b>E-Mail</b>          | ijawseditor@ibu.edu.tr   |

## ABSTRACTING AND INDEXING SERVICES

“**International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences [IJAWS]**” is a peer-reviewed, international journal published three times a year (April-August-December). The scientific and legal responsibility of the articles published in **IJAWS** belongs to the authors. Although the language of publication is Turkish, articles are published in other languages. All publication rights of the published articles belong to **IJAWS** and cannot be printed, reproduced or transferred to the electronic media in whole or in part without the permission of the publisher. The editorial board is responsible for publishing the articles.

**International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences [IJAWS];**  
**TUBITAK ULAKBİM TR Index** (Agriculture ve Basic Sciences Database),  
**DOAJ** (Directory of Open Access Journals)  
**Cab Abstract**

## İçindekiler/Contents

i - vi | Jenerik/Generic

### Makaleler/Articles

#### Bahçe Bitkileri / Horticultural Sciences

- 1 - 15 | Zaki Ahmad Faizi, Ahmet Öztürk  
**Morphological Evaluation of Pear cvs. Santa Maria, Williams, and Deveci Grafted onto Clonal and Seedling Rootstocks**  
Santa Maria, Williams ve Deveci Armut Çeşitlerinin Farklı Klonal ve Çögür Anaçları Üzerindeki Morfolojik Değerlendirilmesi
- 16 - 22 | Merve Yüce, Güleray Ağar, Ertan Yıldırım  
**Çay Artıklarından Elde Edilen Odun Sirkesinin Lahanada Fide Gelişimi ve Besin Maddesi İçeriği Üzerine Etkisi**  
The Effect of Wood Vinegar Obtained from Tea Wastes on Seedling Growth and Nutrient Content in Cabbage
- 23 - 38 | Emine Küçükler, Erdal Ağlar  
**Şeftalide Farklı Dozlarda Putresin Uygulamasının Depolamada Meyve Kalitesi ve Biyokimyasal Bileşikler Üzerine Etkisi**  
The Effect of Different Doses of Putrescine on Fruit Quality and Biochemical Compounds at cold Storage in Peach
- 39 - 46 | Melse Su Bilgili, Özkan Kilin, Aslıhan Çetinbaş Genç  
**The Responses of Pollen Tubes to Spermidine Treatments in *Actinidia deliciosa***  
*Actinidia deliciosa*' da Polen Tüplerinin Spermidin Uygulamalarına Verdiği Yanıtlar
- 47 - 68 | Songül Yıldız, Muharrem Özcan  
**Küresel Isınmanın Çay Tarımına Etkileri**  
Effects of Global Warming on Tea Agriculture
- 69 - 78 | Kenan Çelik, Muttalip Gündoğdu  
**Farklı Anaçların Bazı Badem Çeşitlerinin Yaprak ve Meyvelerindeki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi**  
Effect of Different Rootstocks on Nutrient Element Contents in Leaves and Fruits of Some Almond Cultivars
- 79 - 95 | Beyhan Kibar, Hakan Kibar, Emine Gündebahar  
**Preservation of Postharvest Quality of Fresh-Cut Cauliflower through Exogenous Putrescine, Citric Acid and Salicylic Acid Treatments**  
Taze Kesilmiş Karnabaharın Hasat Sonrası Kalitesinin Dışsal Putresin, Sitrik Asit ve Salisilik Asit Uygulamalarıyla Korunması

## Bitki Koruma / Plant Protection

96 - 116 | İnci Güler Güney, Sibel Derviş, Göksel Özer, Hüsnü Aktaş, Mehmet Ata Keske

### **Determination of Antagonistic Activities of Endophytic Bacteria Isolated from Different Wheat Genotypes Against *Fusarium culmorum***

Farklı Buğday Genotiplerinden İzole Edilen Endofitik Bakterilerin *Fusarium culmorum*'a Karşı Antagonistik Aktivitelerinin Belirlenmesi

117 - 131 | Yeter Küçüktopçu, Ali Arda Işıkber

### **The Effects of Propylene oxide Fumigation on the Mortality of *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)**

Propilen Oksit Fumigasyonunun *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) Ölümleri Üzerine Etkileri

## Tarımsal Yapılar ve Sulama / Agricultural Structures and Irrigation

132 - 143 | Ayşe Akyüz, Bilal Cemek

### **The Effect of Irrigation Water Quality and Growing Medium on Growth Parameters of Chokeberry**

Sulama Suyu Kalitesi ve Yetiştirme Ortamının Aronyanın Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi

## Tarla Bitkileri / Field Crops

144 - 155 | Bekir Atar, Derya Güloğlu

### **Potasyum Nitrat İçerikli Priming Uygulamasının Tuzlu Ortamlarda Korunga (*Onobrychis sativa* L.) Çimlenmesine Etkileri**

Effects of Priming Application Containing Potassium Nitrate on Sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) Germination in Saline Conditions

156 - 164 | Erdal Çağan, Kağan Kökten

### **Korunga Genotiplerinin Makro Element İçerikleri Açısından İncelenmesi**

Investigation of Sainfoin Genotypes in Terms of Macro Element Content

## Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / Agricultural Machinery

165 - 172 | Ahmet Şafak Maltaş, Sümeyye Güzel, Mustafa Kaplan

### **Tavuk Gübresi Kullanım Potansiyeli Açısından Kokteyl Domates Yetiştiriciliği**

Potential of Poultry Manure Use in Cocktail Tomato Growing



## Morphological Evaluation of Pear cvs. Santa Maria, Williams, and Deveci Grafted onto Clonal and Seedling Rootstocks\*

Santa Maria, Williams ve Deveci Armut Çeşitlerinin Farklı Klonal ve Çöğür Anaçları Üzerindeki Morfolojik Değerlendirilmesi

Zaki Ahmad Faizi<sup>1</sup> ID, Ahmet Öztürk<sup>2</sup> ID

Received: 01.09.2023

Accepted: 13.11.2023

Published: 29.04.2024

**Abstract:** This research was conducted to determine the effects of quince clonal rootstocks [Quince BA29 (BA29) and Quince A (QA)], pear clonal rootstocks [FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87 and FAROLD40] and European pear seedling rootstocks on the morphological characteristics of 'Santa Maria', 'Williams', and 'Deveci' pear cultivars in Bafra (Samsun) ecological conditions in the research years of 2021 and 2022. Morphological characteristics, such as rootstock diameter (mm), trunk diameter (mm), trunk cross-sectional area (cm<sup>2</sup>), tree height (cm), crown dimensions (width, length, height and volume), leaf stalk length (cm), leaf stalk thickness (mm), leaf dimensions (width, length, area), annual shoot length (cm), node numbers and internode length (cm) were examined in the study. Results of the study revealed significant variation in the case of research years on most morphological attributes; generally, the values were higher in the research year 2022 than in 2021. It has been determined that the effect of rootstocks on all the morphological characteristics was significant except for leaf stalk thickness. The highest morphological values were obtained from OHxF333, FOX11, and FAROLD40 compared to the other rootstocks, and the lowest values were recorded in FOX9, OHxF87, and seedling rootstocks, respectively. Considering the cultivars' effect on the evaluated morphological traits, the highest leaf characteristics, and internode length in the annual shoots were acquired from the 'Santa Maria' cultivar, but all other attributes were higher in the 'Deveci' cultivar. The 'Williams' cultivar recorded almost all the lowest morphological values. The highest trunk cross-sectional area was determined in the 'Deveci'/OHxF333 (38.63 cm<sup>2</sup>) and the lowest in the 'Williams'/FOX9 (4.95 cm<sup>2</sup>). The longest annual shoots were determined in the 'Deveci'/FOX11 (43.05 cm) and the shortest in the 'Williams'/Seedling (16.11 cm). The highest leaf area was observed from the 'Santa Maria'/BA29 (21.11 cm<sup>2</sup>) and 'Santa Maria'/FOX11 (20.95 cm<sup>2</sup>) combinations. According to the results of the research, it was determined that OHxF333 rootstock among the evaluated rootstocks performed morphologically better than the others. FOX9 and OHxF87 pear clone rootstocks showed very poor performance compared to other rootstocks.

**Keywords:** Pome fruits, rootstock, vegetative growth, *Pyrus communis*

&

**Öz:** Bu araştırma farklı ayva klon [Quince BA29 (BA29) ve Quince A (QA)], armut klon [FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87 ve FAROLD40] ile Avrupa armudunun çöğür anaçları üzerine aşılı 'Santa Maria', 'Williams' ve 'Deveci' armut çeşitlerinin, morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla 2021 ve 2022 araştırma yıllarında Bafra (Samsun) ekolojik koşullarında yapılmıştır. Araştırmada morfolojik özellik olarak anaç çapı (mm), gövde çapı (mm), gövde kesit alanı (cm<sup>2</sup>), ağaç boyu (cm), taç boyutları (en, boy, yükseklik ve hacim), yaprak sapı uzunluğu (cm), yaprak sapı kalınlığı (mm), yaprak boyutları (en, boy, alan), yıllık sürgün uzunluğu (cm), boğum sayısı (adet) ve boğumlar arası mesafe (cm) incelenmiştir. Sonuçlara bakıldığında, morfolojik özelliklerin çoğunda araştırma yılları arasında önemli farklılıklar olduğu ortaya çıkmış, genellikle 2022 araştırma yılında 2021'den daha yüksek değerler elde edilmiştir. Anaçların yaprak sapı kalınlığı dışındaki tüm morfolojik özellikler üzerindeki etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer anaçlara göre en yüksek morfolojik değerler OHxF333, FOX11 ve FAROLD40 anaçlarından elde edilirken, en düşük değerler ise sırasıyla FOX9, OHxF87 ve çöğür anaçlarında kaydedilmiştir. Çeşitlerin değerlendirilen morfolojik özellikler üzerindeki etkisi göz önüne alındığında, en yüksek yaprak özellikleri ve yıllık sürgünlerde boğum arası mesafe 'Santa Maria' çeşidinden elde edilirken, diğer tüm özelliklerin 'Deveci' çeşidinde daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. En düşük morfolojik değerlerin neredeyse tamamı 'Williams' çeşidinde belirlenmiştir. En uzun yıllık sürgünler 'Deveci'/FOX11 (43.05 cm) en kısa ise 'Williams'/Çöğür (16.11 cm) kombinasyonunda belirlenmiştir. En yüksek yaprak alanı 'Santa Maria'/BA29 (21.11 cm<sup>2</sup>) ve 'Santa Maria'/FOX11 (20.95 cm<sup>2</sup>) kombinasyonundan elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre değerlendirilen anaçlar arasında OHxF333 anaçının morfolojik olarak diğerlerinden daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. FOX9 ve OHxF87 armut klon anaçları ise diğer anaçlara göre çok zayıf performans göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yumuşak çekirdekli, anaç, vejetatif büyüme, *Pyrus communis*

**Cite as:** Faizi, Z.A., & Öztürk, A. (2024). Morphological evaluation of pear cvs. Santa Maria, Williams, and Deveci grafted onto clonal and seedling rootstocks. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 10(1), 1-15. doi: 10.24180/ijaws.1353727

**Plagiarism/Ethic:** This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Zaki Ahmad Faizi, Ondukuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, zaky.faizi1369@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr. Ahmet Öztürk, Ondukuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, ozturka@omu.edu.tr (Corresponding author)

\*This article was produced from Zaki Ahmad FAIZI's PhD thesis "Effects of Quince and Pear Rootstocks on Growth, Yield and Fruit Quality of Some Pear Cultivars".



## INTRODUCTION

*Pyrus* spp. are the most grown and consumed pome fruits worldwide after apples. *Pyrus communis* L. species is the most common and well-known in terms of fruit-growing techniques (Orman, 2005). Pears are more resistant to heat and drought but less resistant to cold than apples. Subtropical pears only require 200-300 chilling hours, whereas temperate pears can be produced from low to high latitudes between 600-2700 m above sea level with 500-1500 chilling hours (Kumar et al., 2023). Late frosts in the spring season limit its cultivation because its flowers are damaged at -2.2°C, and small fruits are damaged at 1.1 °C. However, trees can resist minimum temperatures up to -30°C in the dormant season (Kurt et al., 2022a) and maximum temperatures up to 45°C in the active growing season (Kumar et al., 2023). To establish modern pear orchards, besides pear rootstocks, quince dwarf rootstocks are desired (Bolat and İkinici, 2019; Kurt et al., 2022b). Reasons for the widespread use and breeding of rootstock in fruit cultivation are their adaptation to climatic conditions, soil properties, impact on quality, effect on yield, manage the cultural practices, and tolerance to biotic and abiotic stressors (Corso and Bonghi, 2014). The ideal vegetative and generative performances of fruit trees are highly related to suitable planting density, correct rootstock/scion selection, and appropriate ecology (Pasa et al., 2015; Hepaksoy, 2019). The *Pyrus* genus primarily covers woody plants, mainly medium-sized trees, and a few shrub species. The tree's stem of the *Pyrus* genus is straight and tightly embedded in the ground. In general, the petioles are stipulate and have entire or serrated limb margins, and the leaves are simple, alternately oriented, and range in length from 2 to 12 cm and width from 3 to 5 cm. While most species are deciduous, one or two Southeast Asian species exhibit sempervirescent leaves. Some species have glossy green leaves, while others have silvery, densely tomentose leaves (Simionca et al., 2023). Pear tree vigor results from heritability, biological versatility, adaptation, or favorable responses within the ecological conditions under assessment. Tree vigor status should depend on the cultivation aims and climatic situations of the cultivation area. For example, for highly density planting and availability of cultural resources, trees which are dwarf and growth weaker are ideal, but if the aim is to produce pear in dry conditions with less managerial resources, wood production, as ornamental for providing shade and shelter, construction, and furniture the trees with vigorous growth are ideal (Ozturk and Faizi, 2023; Simionca et al., 2023). Some selections of wild species of pears have a recognized ornamental value because, in addition to the rapid growth of the trees, the varied range of shapes and sizes, rusticity, low demands on the soil, or ability to thrive in different ecological conditions, they have attractive foliage, with glossy green leaves, flowers, and fruits that are particularly decorative (Yamada et al., 2015). Pear cultivars with high canopy spread cause high expenses of managerial practices like pruning. So, pear cultivars with less vegetative growth, such as 'Hardy', 'Flemish Beauty', 'Anjou' and 'Comice' are ideal for minimizing such costs (Kul et al., 2022). Using vigorous rootstocks and cultivars is the main factor in decreasing yield in pear orchards (Pasa et al., 2017). For pear cultivars, both *Pyrus* and *Cydonia* species are used as rootstocks (Iglesias and Asin, 2011; North et al., 2015). However, *Pyrus* species as rootstock shows strong vegetative growth and vigorous rootstocks provide excessive shoot and canopy development, which can reduce light usage by pear trees (Kul et al., 2022). This research was conducted to determine the effects of Quince BA29, Quince A, FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, FAROLD40, and European pear seedling rootstocks on the morphological characteristics of 'Santa Maria', 'Williams', and 'Deveci' pear cultivars which have an essential place in pear cultivation of Türkiye in Bafra (Samsun) ecological conditions in the research years of 2021 and 2022.

## MATERIAL AND METHOD

### Materials

In the study 'Santa Maria', 'Williams' and 'Deveci' cultivars were grafted on eight different rootstocks, including two Quince clonal rootstocks (BA29 and QA), five pear clonal rootstocks (FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, and FAROLD40), and local European pear seedling rootstocks were used as plant materials in the research years of 2021 and 2022.

### Features of the Experiment Area

The soil of the orchard in which the study was performed included 2.73-10% clay (low), 13.21-20% silt

(medium), 6.5-20% sand (moderate), pH 7.5 (slightly alkaline), 0.2-0.3 dS m<sup>-1</sup> salt (no salt), 0.3-0.5 organic matter (low), 3-6% CaCO<sub>3</sub> (low), 0.03-0.06% N (low), 5-10 ppm P (moderate), with a soil depth of more than 1 meter. The climate situations of the study area, including temperature (max, min, and average in °C), relative humidity (%), and monthly total precipitation (mm) values, are illustrated in Table 1.

**Table 1.** Temperature, relative humidity, and monthly total precipitation of the study area in 2021 and 2022.

Çizelge 1. Çalışma alanının 2021 ve 2022 yıllarında sıcaklığı, bağıl nemi ve aylık toplam yağış miktarı.

| Months      | Temperature (°C) |             |             | Relative Humidity (%) |             |             | Precipitation (mm) |
|-------------|------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------------|
|             | Max.             | Avg.        | Min.        | Max.                  | Avg.        | Min.        |                    |
| <b>2021</b> |                  |             |             |                       |             |             |                    |
| Jan.        | 13.1             | 9.2         | 6.5         | 90.8                  | 63.7        | 35.0        | 68.0               |
| Feb.        | 11.7             | 7.8         | 4.6         | 91.0                  | 64.5        | 38.6        | 23.2               |
| Mar.        | 11.4             | 7.1         | 4.0         | 85.5                  | 73.3        | 48.2        | 90.8               |
| Apr.        | 16.5             | 11.5        | 8.0         | 87.4                  | 77.7        | 54.6        | 59.2               |
| May         | 21.2             | 16.4        | 12.3        | 83.5                  | 69.6        | 54.5        | 70.0               |
| Jun         | 24.9             | 20.7        | 16.9        | 88.7                  | 74.3        | 59.3        | 80.4               |
| Jul.        | 28.9             | 25.0        | 21.3        | 83.0                  | 71.4        | 59.0        | 6.0                |
| Aug.        | 27.7             | 23.8        | 20.4        | 83.2                  | 72.3        | 65.7        | 86.4               |
| Sep.        | 22.0             | 18.1        | 15.2        | 83.0                  | 70.0        | 51.3        | 117.8              |
| Oct.        | 19.0             | 15.0        | 12.2        | 85.0                  | 76.1        | 55.0        | 110.4              |
| Nov.        | 16.5             | 12.2        | 9.3         | 87.6                  | 72.9        | 57.3        | 68.6               |
| Dec.        | 13.8             | 10.6        | 8.1         | 88.7                  | 65.4        | 45.3        | 52.6               |
| <b>Mean</b> | <b>18.9</b>      | <b>14.8</b> | <b>11.6</b> | <b>86.5</b>           | <b>70.9</b> | <b>52.0</b> | <b>69.5</b>        |
| <b>2022</b> |                  |             |             |                       |             |             |                    |
| Jan.        | 8.1              | 5.4         | 3.0         | 93.9                  | 81.0        | 62.1        | 164.2              |
| Feb.        | 12.1             | 8.2         | 5.4         | 95.1                  | 82.2        | 63.3        | 61.0               |
| Mar.        | 8.6              | 4.5         | 1.6         | 97.0                  | 72.1        | 45.2        | 115.4              |
| Apr.        | 21.2             | 13.3        | 7.5         | 92.4                  | 71.3        | 46.7        | 39.8               |
| May         | 25.5             | 16.8        | 9.3         | 95.8                  | 70.9        | 44.0        | 44.8               |
| Jun         | 32.4             | 22.8        | 16.2        | 95.9                  | 74.0        | 44.1        | 73.4               |
| Jul.        | 33.8             | 24.3        | 16.7        | 93.9                  | 69.4        | 40.9        | 4.6                |
| Aug.        | 35.5             | 26.4        | 19.7        | 96.2                  | 75.1        | 45.5        | 5.2                |
| Sep.        | 31.2             | 21.9        | 15.0        | 95.6                  | 71.8        | 40.8        | 29.4               |
| Oct.        | 24.9             | 16.5        | 11.2        | 97.1                  | 80.4        | 52.6        | 69.6               |
| Nov.        | 22.2             | 13.9        | 8.3         | 95.5                  | 78.4        | 49.1        | 71.2               |
| Dec.        | 15.8             | 13.8        | 8.3         | 93.2                  | 80.6        | 62.8        | 51.8               |
| <b>Mean</b> | <b>22.6</b>      | <b>15.7</b> | <b>10.2</b> | <b>95.1</b>           | <b>75.6</b> | <b>49.8</b> | <b>60.9</b>        |

### Methods

The study was conducted in the pear orchard, which was established in 2018 with 1-year-old saplings at a spacing of 3.5 m by 1.5 m in the case of quince rootstocks and 3.0 m by 3.5 m in the case of pear rootstocks at the Bafra agricultural research center of Ondokuz Mayıs University which is located at Samsun province of Türkiye. The plants were supported by metal poles each at a height of 3.5 m, with four rows of galvanized wires on the horizontal arms positioned 50 cm above the ground. Between 15 May and 15 September, drip irrigation was used to irrigate the plants. Fertilization was done through drip irrigation using 15-30-15 + ME fertilizer at the start of the summer and 20-20-20 NPK fertilizer in the fall. Weeds between the rows were routinely removed using a rotavator while the ground was mulched on the row.

### Morphological Observations

Rootstock diameter (mm), cultivar diameter (mm), the height of the tree (cm), canopy width (cm), canopy length (cm), canopy height (cm), canopy volume (m<sup>3</sup>), trunk cross-sectional area (cm<sup>2</sup>), leaf width (cm), leaf length (cm), petiole length (cm), petiole thickness (mm), leaf area (cm<sup>2</sup>), annual shoot length (cm) were determined according to previous researches (Öztürk and Öztürk, 2014; Kurt et al., 2022a).

### *Statistical Analysis*

Factorial randomized complete block design (FRCBD) was used as the design of our study. Three factors, including cultivars (3 cultivars), rootstocks (8 rootstocks), and research years (2 research years), were taken into evaluation. Three replications and 5 plants in each repetition were used in the research. The obtained data were analyzed in the statistical package program of IBM SPSS 21.0 by using GLM procedure. Means differences were determined according to Duncan's Multiple Comparison Test with 95% of confidence and 5% ( $\alpha = 0.05$ ) probability error due to unknown situations.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### *Leaf Characteristics*

The effect of research years, rootstocks, cultivars, and rootstock x cultivar interactions on the leaf stalk length (LSL), leaf stalk thickness (LST), leaf length (LL), leaf width (LW), and leaf area (LA) of pear cultivars grafted on different quince and pear rootstocks are given in Table 2. The LST in the case of rootstocks, cultivars, and rootstock x cultivar interactions was insignificant. However all other factors were determined as statistically significant. The main effect of research years on the leaf characteristics revealed higher values in 2022 than in the research year of 2021. In terms of rootstock averages, the higher values of leaf attributes were observed in the OHxF333, while the lowest in the OHxF87 rootstock. In the case of cultivars' averages, leaf attributes observed the highest in 'Santa Maria' cultivar and the lowest in the 'Williams' and 'Deveci' cultivars. Considering the rootstock x cultivar interactions, the LSL varied between 2.21-4.08 cm. The highest (4.08 cm) LSL was in 'Deveci'/BA29 and the lowest (2.21 cm) in 'Williams' grafted on BA29 and seedling rootstocks. The LST was observed between 0.90-1.24 mm. The LL varied between 5.08-6.92 cm, the highest LL (6.92 cm) was recorded in the 'Santa Maria'/seedling, and the lowest (5.08 cm) in 'Williams'/FOX9 combination. The LW observed between 2.84-4.37 cm, recorded the highest LW (4.37 cm) in the 'Santa Maria'/BA29, and the lowest (2.84 cm) in the 'Deveci'/QA combination. The LA was obtained in the range of 12.41-21.11 cm<sup>2</sup>; the highest LA was recorded in the 'Santa Maria'/BA29 (21.11 cm<sup>2</sup>), and the lowest in the 'Williams'/FOX9 (12.41 cm<sup>2</sup>) combination (Table 2).

The leaf stalk length of 'Deveci' pear was significantly affected by rootstocks (Öztürk and Öztürk, 2014). They recorded the LSL of 'Deveci' between 33.5-44.3 mm, the highest LSL on BA29 (44.3 mm) and the lowest on pear seedlings (33.5 mm). Çoban and Öztürk (2020) determined that rootstocks, cultivars, and their interactions had a significant effect on the LSL; they acquired LSL between 22.5-37.6 mm in the rootstocks and 29.3-35.7 mm in the cultivars. Our study findings partially differ from the findings of previous researchers. Differences could be due to the growing conditions, rootstocks, and cultivars.

Leaf stalk thickness was significantly affected by rootstock, cultivar, and their interactions, as reported by Öztürk and Öztürk (2014), the LST of 'Deveci' pear was reported from 0.58-0.76 mm, the highest (0.76 mm) was in BA29 rootstock, while the lowest (0.58 mm) in the EMC rootstock. Similarly significant effect of pear rootstocks, cultivars, and rootstock x cultivar combinations on LST was reported by Çoban (2019). She found LST between 0.97-1.27 mm in rootstocks and 1.06-1.16 mm in the cultivars; he noted the highest in the FOX11 (1.27 mm), while the lowest was in the seedling (0.97 mm) and OHxF333 (1.04 mm) rootstocks. Our research findings revealed no significant results among the cultivars, rootstocks, and their combined effect, except for research years.

The leaf length of the pear varied significantly in terms of rootstock and cultivars, as stated by Serttaş (2019) reported that the LL was between 59.0-65.2 mm in the case of different rootstocks. He acquired the highest (65.5 mm) LL from 'Santa Maria' and the lowest from 'Williams' and 'Abate Fetel' respectively, 61.7 mm and 61.5 mm. Öztürk and Öztürk (2014), was found to have the highest LL in the 'Deveci'/BA29 combination. Our results revealed the highest LL in the 'Santa Maria' on different rootstocks. Kılıç (2015) found LL between 32.00-60.18 mm in consideration of different genotypes of pear. Çoban and Öztürk (2020) stated that rootstocks and cultivars significantly affect the LL in 'Deveci' and 'Williams' pear cultivars grafted on quince and pear clonal rootstocks. They noted that the LL was 6.67-6.88 cm in the rootstock averages and 6.42-7.23 in the cultivars. When our research findings are compared with previous studies, it is clarified that the LL is approximately parallel with them.

**Table 2.** Leaf characteristics of European pear considering different rootstocks, cultivars, and research years.

Çizelge 2. Farklı anaçlar, çeşitler ve araştırma yılları bakımından Avrupa armudunun yaprak özellikleri.

| Rootstocks   | Cultivars   | Leaf stalk length (cm) | Leaf stalk thickness (mm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Leaf area (cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------|------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| BA29         | Santa Maria | 3.66 abc               | 1.16 a                    | 6.68 ab          | 4.37 a          | 21.11 a *                    |
|              | Williams    | 2.60 g-j               | 1.04 a                    | 5.53 c-f         | 3.58 d-h        | 14.17 de                     |
|              | Deveci      | 4.08 a                 | 1.00 a                    | 6.30 a-d         | 3.14 f-i        | 14.27 de                     |
| Quince A     | Santa Maria | 3.66 abc               | 1.05 a                    | 6.74 ab          | 4.21 abc        | 20.75 ab                     |
|              | Williams    | 2.61 g-j               | 1.06 a                    | 5.38 def         | 3.30 f-i        | 12.88 e                      |
|              | Deveci      | 3.80 ab                | 1.20 a                    | 6.01 a-f         | 2.84 i          | 12.44 e                      |
| FOX9         | Santa Maria | 3.63 abc               | 0.93 a                    | 6.75 ab          | 4.06 a-d        | 20.12 abc                    |
|              | Williams    | 2.53 hij               | 1.07 a                    | 5.08 f           | 3.38 e-i        | 12.41 e                      |
|              | Deveci      | 3.26 b-f               | 1.06 a                    | 6.49 abd         | 3.13 f-i        | 15.14 cde                    |
| FOX11        | Santa Maria | 3.64 abc               | 1.05 a                    | 6.73 ab          | 4.31 ab         | 20.95 a                      |
|              | Williams    | 2.42 ij                | 1.01 a                    | 5.85 d-f         | 3.67 c-g        | 15.55 b-e                    |
|              | Deveci      | 3.60 abc               | 0.90 a                    | 6.50 abc         | 3.09 ghi        | 14.69 de                     |
| OHxF333      | Santa Maria | 3.38 b-e               | 1.24 a                    | 6.52 abc         | 4.29 ab         | 20.59 ab                     |
|              | Williams    | 3.25 b-f               | 1.13 a                    | 6.34 a-d         | 3.72 b-g        | 17.16 a-e                    |
|              | Deveci      | 3.78 ab                | 0.98 a                    | 6.78 ab          | 3.44 e-i        | 16.82 a-e                    |
| OHxF87       | Santa Maria | 2.89 e-i               | 1.22 a                    | 6.30 a-d         | 3.93 a-e        | 18.46 a-d                    |
|              | Williams    | 2.21 j                 | 1.08 a                    | 5.52 c-f         | 3.41 e-i        | 13.81 de                     |
|              | Deveci      | 2.70 f-j               | 1.06 a                    | 5.96 a-f         | 2.91 i          | 12.81 e                      |
| FAROLD40     | Santa Maria | 3.32 b-e               | 1.07 a                    | 6.43 abc         | 3.45 e-i        | 16.53 a-e                    |
|              | Williams    | 3.02 d-h               | 1.18 a                    | 6.14 a-e         | 3.73 b-t        | 16.61 a-e                    |
|              | Deveci      | 3.99 a                 | 1.00 a                    | 6.56 abc         | 3.17 f-i        | 15.19 cde                    |
| Seedling     | Santa Maria | 3.57 a-f               | 1.14 a                    | 6.92 a           | 4.11 a-d        | 20.57 ab                     |
|              | Williams    | 2.21 j                 | 1.09 a                    | 5.18 ef          | 3.20 f-i        | 12.50 e                      |
|              | Deveci      | 3.10 c-g               | 0.98 a                    | 5.89 a-f         | 2.94 hi         | 13.07 e                      |
| Significance |             | 0.001                  | 0.869                     | 0.001            | 0.001           | 0.001                        |
| Years (Y)    | 2021        | 3.11 b                 | 1.01 b                    | 5.66 b           | 3.27 b          | 13.61 b                      |
|              | 2022        | 3.30 a                 | 1.14 a                    | 6.72 a           | 3.84 a          | 18.78 a                      |
| Significance |             | 0.001                  | 0.004                     | 0.001            | 0.001           | 0.001                        |
| Rootstocks   | BA29        | 3.45 a                 | 1.07 a                    | 6.17 ab          | 3.70 a          | 16.51 bc                     |
|              | Quince A    | 3.36 ab                | 1.10 a                    | 6.04 cd          | 3.45 b          | 15.35 cd                     |
|              | FOX9        | 3.14 cd                | 1.02 a                    | 6.11 cd          | 3.52 b          | 15.89 bcd                    |
|              | FOX11       | 3.22 bc                | 0.99 a                    | 6.36 ab          | 3.69 a          | 17.06 b                      |
|              | OHxF333     | 3.47 a                 | 1.12 a                    | 6.55 a           | 3.81 a          | 18.19 a                      |
|              | OHxF87      | 2.60 e                 | 1.12 a                    | 5.93 d           | 3.42 b          | 15.03 d                      |
|              | FAROLD40    | 3.44 a                 | 1.08 a                    | 6.38 ab          | 3.45 b          | 16.11 bcd                    |
|              | Seedling    | 2.96 d                 | 1.07 a                    | 6.00 cd          | 3.41 b          | 15.38 cd                     |
| Significance |             | 0.001                  | 0.790                     | 0.001            | 0.001           | 0.001                        |
| Cultivars    | Santa Maria | 3.47 a                 | 1.11 a                    | 6.63 a           | 4.09 a          | 19.89 a                      |
|              | Williams    | 2.61 b                 | 1.08 a                    | 5.63 c           | 3.50 b          | 14.38 b                      |
|              | Deveci      | 3.54 a                 | 1.02 a                    | 6.31 b           | 3.08 c          | 14.30 b                      |
| Significance |             | 0.001                  | 0.290                     | 0.001            | 0.001           | 0.001                        |

\*: Means with different letters in the same column are significant differences at P<0.05 based on the DMRT test.

Öztürk and Öztürk (2014), were determined the significant impact of rootstocks on the leaf sizes of the 'Deveci' cultivar; they reported that LW was the highest in trees grafted on BA29 rootstock. Kılıç (2015) said that LW differed between pear genotypes in the 28.99-48.34 mm range. Similar to our findings, significant effects of cultivars, rootstocks, and rootstock x cultivar combinations were recorded by Çoban

and Öztürk (2020) between 36-37 mm in cultivars and 35-38 mm in the rootstocks. Serttaş and Öztürk (2020) reported the highest LW in 'Deveci' and 'Santa Maria' (3.75 cm and 3.44 cm) and the lowest in 'Abate Fetel' and 'Williams' cultivars (3.40 cm and 3.34 cm), respectively. The variations in the results were due to genetic and environmental factors.

Leaf area is an important morphological attribute in the determination of canopy volume efficiency for an ideal quantity and quality production (Zhang et al., 2016). Additionally, they noted that the LA of 'Santa Maria' was 23.82 cm<sup>2</sup> while grafted on BA29. The LA is a significant factor for understanding the status of trees' evaporation, metabolism, photosynthesis, light reception, water, and fertilizer utilization, blooming, setting of fruit, and productivity (Ozturk et al., 2019). The leaf area of the 'Deveci' grafted on BA29 was higher than that of the other rootstocks, according to earlier studies that claimed that the rootstocks had a substantial impact on the LA (Öztürk and Öztürk, 2014). Engin (2011) obtained the LA between 15.72-23.78 cm<sup>2</sup> in 'Santa Maria'/QA, and 17.07-21.61 cm<sup>2</sup> in the 'Santa Maria'/OHxF333 combinations.

Leaf attributes of pear trees were acquired as the following while considering different rootstocks and cultivars respectively, petiole length of 19.26 MC to 30.74 mm QA, 22.34 'Williams' to 28.50 mm 'Deveci'; petiole thickness of 0.71 MC to 0.80 mm BA29, 0.74 'Deveci' to 0.79 mm 'Abate Fetel'; leaf length of 37.41 MC to 47.93 mm QA, 35.56 'Williams' to 49.20 mm 'Santa Maria'; leaf width of 21.06 MC to 29.41 mm QA, 23.98 'Abate Fetel' to 28.81 mm 'Santa Maria'; leaf area of 5.70 MC to 9.87 cm<sup>2</sup> QA, 6.24 'Williams' to 10.80 cm<sup>2</sup> 'Santa Maria' (Kurt et al., 2022a).

#### ***Rootstock and Scion Diameter, Tree height, and Trunk Cross-Sectional Area***

The impact of the research years, rootstocks, cultivars, and rootstocks x cultivars combined effect on rootstock diameter (RD), scion diameter (SD), tree height (TH), and trunk cross-sectional area (TCSA) of pear trees are illustrated in Table 3. All the aforementioned attributes were found to be statistically significant. Considering the research years, higher values recorded in the research year of 2022 than in 2021, RD obtained between 42.75-52.35 mm, SD varied from 38.73-49.02 mm, TH observed between 223.05-235.07 cm, and TCSA was ranged from 12.86-20.56 cm<sup>2</sup>. In the case of rootstocks, the highest values recorded in the OHxF333 and the lowest values recorded in the FOX9 rootstock, RD was 29.83-59.43 mm, SD varied between 26.80-57.22 mm, TH observed between 160.30-273.88 cm, and TCSA was ranged between 5.93-27.31 cm<sup>2</sup>. Cultivar averages revealed the highest values in the 'Deveci' cultivar and the lowest in the 'Williams' cultivar; RD obtained between 43.35-54.22 mm, SD varied from 39.76-50.76 mm, TH observed between 219.74-237.35 cm, and TCSA varied between 13.68-22.50 cm<sup>2</sup>. In the combined effect of rootstock x cultivar, the highest values were acquired from the 'Deveci'/OHxF333 and 'Deveci'/FAROLD40 combinations. While the lowest values were recorded in the 'Williams'/FOX9 combination. RD acquired 26.55-70.13 mm, SD varied between 24.44-68.41 mm, TH observed between 152.68-296.02 cm, and TCSA obtained 4.95-37.68 cm<sup>2</sup> (Table 3).

Francescatto et al. (2010) reported the lowest rootstock diameter in the EMC rootstock in the 'Packhams'/EMC combination, while the cultivar was grafted on 7 different rootstocks. Similarly, Öztürk and Öztürk (2014) reported that the highest RD was in the BA29 and the lowest in the MC rootstock. Likewise, a significant impact of rootstocks on RD was obtained by Giacobbo et al. (2010), Machado et al. (2016), and Rahman et al. (2017). Çetinbaş et al. (2018) stated that the effect of rootstocks and cultivars on rootstock diameter was significant while considering the cultivars effect, RD was obtained higher in 'Deveci' than 'Santa Maria'. In terms of rootstocks, they found higher values in the OHxF333, BA29, OHxF69, and QC rootstocks than the other evaluated ones. The RD of the 'Deveci' cultivar grafted on BA29, MC, and seedling rootstocks changed in various research years and rootstocks. The researcher reported the lowest values in the MC than other rootstocks (Öztürk, 2021).

Scion diameter values that we obtained are compatible with the studies previously performed (Öztürk and Öztürk, 2014; Machado et al., 2016; Mete, 2019; Öztürk, 2021). It was emphasized in similar studies that the effects of rootstocks on the SD were significant; the SD of the cultivars on vigorous rootstocks

was observed higher than on the dwarfing rootstocks (Sugar and Basile, 2011; Dondini and Sansavini, 2012; Askari-Khorosgani et al., 2019).

**Table 3.** Rootstock and scion diameter, tree length, and trunk cross-sectional area of European pear considering different rootstocks, cultivars, and research years.

Çizelge 3. Farklı anaçlar, çeşitler ve araştırma yılları bakımından Avrupa armudunun anaç ve kalem çapı, ağaç boyu ve gövde kesit alanı.

| Rootstocks   | Cultivars   | Rootstock diameter (mm) | Scion diameter (mm) | Tree height (cm) | Trunk cross-sectional area (cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------|-------------------------|---------------------|------------------|---|
| BA29         | Santa Maria | 45.42 ef                | 42.40 def           | 242.72 c-g       | 14.18 f-i *                                   |
|              | Williams    | 34.87 ghi               | 34.05 fgh           | 203.43 hij       | 7.39 hij                                      |
|              | Deveci      | 54.95 cde               | 54.10 bc            | 239.90 d-h       | 23.23 de                                      |
| Quince A     | Santa Maria | 47.36 def               | 46.42 cde           | 266.30 a-d       | 17.31 efg                                     |
|              | Williams    | 28.22 hi                | 27.00 h             | 156.33 k         | 5.75 ij                                       |
|              | Deveci      | 54.15 cde               | 54.58 bc            | 254.21 b-e       | 23.65 cde                                     |
| FOX9         | Santa Maria | 29.37 hi                | 26.26 h             | 162.27 k         | 5.67 ij                                       |
|              | Williams    | 26.55 i                 | 24.44 h             | 152.68 k         | 4.95 j  |
|              | Deveci      | 33.59 hi                | 29.71 gh            | 165.95 k         | 7.17 hij                                      |
| FOX11        | Santa Maria | 50.08 cde               | 47.35 cde           | 253.69 b-e       | 17.72 efg                                     |
|              | Williams    | 57.88 bcd               | 52.29 bcd           | 277.18 a-d       | 21.59 def                                     |
|              | Deveci      | 65.94 bc                | 63.03 ab            | 279.50 abc       | 32.85 ab                                      |
| OHxF333      | Santa Maria | 50.45 cde               | 46.15 cde           | 224.80 e-i       | 17.05 efg                                     |
|              | Williams    | 57.70 bcd               | 57.11 bc            | 289.99 ab        | 27.21 bcd                                     |
|              | Deveci      | 70.13 a                 | 68.41 a             | 294.20 a         | 37.68 a                                       |
| OHxF87       | Santa Maria | 34.13 hi                | 29.92 gh            | 184.79 jk        | 7.16 hij                                      |
|              | Williams    | 38.55 fgh               | 32.18 gh            | 190.84 ijk       | 8.40 hij                                      |
|              | Deveci      | 33.50 hi                | 27.87 gh            | 155.39 k         | 6.37 hij                                      |
| FAROLD40     | Santa Maria | 50.13 cde               | 47.32 cde           | 245.72 c-f       | 17.70 efg                                     |
|              | Williams    | 58.66 bc                | 53.06 bcd           | 279.89 abc       | 22.35 def                                     |
|              | Deveci      | 68.54 a                 | 62.32 ab            | 296.02 a         | 31.57 abc                                     |
| Seedling     | Santa Maria | 53.65 cde               | 43.03 def           | 260.46 a-e       | 14.78 e-h                                     |
|              | Williams    | 44.39 efg               | 37.94 efg           | 207.56 g-j       | 11.83 g-j                                     |
|              | Deveci      | 53.00 cde               | 46.07 cde           | 213.61 f-j       | 17.51 efg                                     |
| Significance |             | 0.001                   | 0.001               | 0.001            | 0.001   |
| Years (Y)    | 2021        | 42.75 b                 | 38.73 b             | 223.05 b         | 12.86 b                                       |
|              | 2022        | 52.35 a                 | 49.02 a             | 235.07 a         | 20.56 a                                       |
| Significance |             | 0.001                   | 0.001               | 0.014            | 0.001   |
| Rootstocks   | BA29        | 45.08 c                 | 43.51 b             | 228.68 b         | 14.93 c                                       |
|              | Quince A    | 43.24 c                 | 42.67 b             | 225.61 b         | 15.57 c                                       |
|              | FOX9        | 29.83 e                 | 26.80 c             | 160.30 c         | 5.93 d  |
|              | FOX11       | 57.97 a                 | 54.22 a             | 270.13 a         | 24.05 b                                       |
|              | OHxF333     | 59.43 a                 | 57.22 a             | 269.66 a         | 27.31 a                                       |
|              | OHxF87      | 35.39 d                 | 29.99 c             | 177.01 c         | 7.31 d  |
|              | FAROLD40    | 59.11 a                 | 54.23 a             | 273.88 a         | 23.87 b                                       |
|              | Seedling    | 50.34 b                 | 42.35 b             | 227.21 b         | 14.71 c                                       |
| Significance |             | 0.001                   | 0.001               | 0.001            | 0.001   |
| Cultivars    | Santa Maria | 45.07 b                 | 41.10 b             | 230.09 ab        | 13.95 b                                       |
|              | Williams    | 43.35 b                 | 39.76 b             | 219.74 b         | 13.68 b                                       |
|              | Deveci      | 54.22 a                 | 50.76 a             | 237.35 a         | 22.50 a                                       |
| Significance |             | 0.001                   | 0.001               | 0.013            | 0.001   |

\*: Means with different letters in the same column are significant differences at P<0.05 based on the DMRT test.

Tree height was reported by the rootstocks and cultivars (Giacobbo et al., 2010; Lepsis and Duredze, 2011; Dondini and Sansavini, 2012). The highest TH of 'Abate Fetel' and 'Conference' cultivars were observed on pear seedlings rather than on the BA29 and MA rootstocks (Castro and Rodriguez, 2002). In our study, we observed the highest TH in the FAROLD40, FOX11, and OHxF333 rootstocks, respectively. This difference with the previously mentioned study could be due to the slow growth of seedling rootstocks at the early ages as compared to clonal rootstocks of pear. In the case of quince clonal rootstocks, there were no statistically significant differences between them (BA29 and QA), with similar results among QA, QC, Sydo, BA29, *Pyrus communis* seedlings rootstocks reported by Kviklys and Kvikliene (2004). The TH was acquired 159 cm in 'Williams' pear cultivar and 225 cm in the 'Deveci' cultivar while grafted on QA rootstock (Akçay et al., 2009). Similar differences among the cultivars were observed in our study. Considering the performance of 'Seleta' cultivar on quince rootstocks (Adams, EMC, and Portugal) and *Pyrus calleryana* pear seedlings, Giacobbo et al. (2018) stated that all quince rootstocks reduced the cultivars' TH by 60% compared to pear seedling rootstock (*Pyrus calleryana*). The highest TH of the 'Deveci' cultivar was recorded on the BA29 rootstock and the lowest on the MC rootstock (Öztürk, 2021).

Our research revealed that the trunk cross-sectional area differs in terms of research years, cultivars, and rootstocks. Similar findings were reported by (Iglesias and Asin, 2011; Sugar and Basile, 2011; Lepsis and Drudze, 2011; Öztürk and Öztürk, 2014; Saracoglu and Cebe, 2018; Mete, 2019; Öztürk, 2021; Küçüker and Ağlar, 2021; Jovanovic et al., 2022).

In a study that evaluated the effect of different rootstocks and cultivars on morphological characteristics, the findings respected to the rootstocks reported as the following: rootstock diameter of 30.20 mm MC to 38.98 BA29; stem diameter of 25.98 MC to 33.30 BA29 mm; tree length of 153.93 MC to 184.18 cm BA29; trunk cross-sectional area of 6.88 MC to 10.71 cm<sup>2</sup> BA29; canopy volume of 0.20 QA to 0.29 m<sup>3</sup> BA29. While in case of cultivars respectively reported 25.18 mm 'Williams' to 41.75 'Deveci'; 21.58 'Santa Maria' to 33.39 mm 'Deveci'; 142.73 'Williams' to 191.34 cm 'Santa Maria'; 4.79 'Williams' to 11.56 cm<sup>2</sup> 'Deveci'; 0.12 'Williams' to 0.36 m<sup>3</sup> 'Santa Maria' by Kurt et al. (2022a).

#### **Canopy Characteristics**

Canopy characteristics of European pear considering different rootstocks, cultivars, research years, and the rootstocks x cultivars combined effect is given in Table 4. Except for the canopy width in the case of cultivars which was observed as insignificant, all other effects were found statistically significant. In terms of the research years, it was determined that canopy volume (CV) in 2022 was higher (1.56 m<sup>3</sup>) than in 2021 (0.94 m<sup>3</sup>). The CV regarding rootstock averages varied between 0.21-2.08 m<sup>3</sup>, the highest (2.08 m<sup>3</sup>) CV observed in the OHxF333, and the lowest (0.21 m<sup>3</sup>) in the FOX9 rootstock. Regarding cultivar averages, CV varied between 1.14-1.41 m<sup>3</sup>, the highest (1.41 m<sup>3</sup>) CV was in the 'Deveci', and the lowest (1.14 m<sup>3</sup>) in the 'Santa Maria' cultivar. The CV observed between 0.12-2.66 m<sup>3</sup> in the combined effect of rootstock x cultivar; the highest (2.66 m<sup>3</sup>) CV was in the 'Williams' and the 'Deveci' cvs. on the OHxF333 rootstock, and the lowest (0.12 m<sup>3</sup>) in the 'Williams'/ FOX9 combinations (Table 4).

The findings of this study are consistent with earlier research; it was found that the research years, rootstocks, and cultivars had a significant impact on canopy volume (CV) (Stern and Doron, 2009; Hudina et al., 2014). Giacobbo (2010) stated that the rootstocks significantly affect the CV of cultivars. The CV of 'Deveci' grafted on QA was 0.20-0.76 m<sup>3</sup>, and the 'Santa Maria' found 0.26-1.02 m<sup>3</sup> (Engin, 2011). According to Kaplan (2011), there was a statistically significant variation in CV across pear cultivars grafted on QA rootstock. He noted that 'B Hardy' and 'BP Morettini' had the biggest and 'Williams' had the lowest CV. It was reported that the lowest CV of pear cv. 'Suvenirs' was observed while grafted on QA and QC rootstocks (Lepsis and Drudze, 2011). According to Öztürk and Öztürk (2014), the 'Deveci' pear cultivar's CV was larger on the BA29 rootstock than it was on the MC rootstock. According to Öztürk (2021), when comparing the performance of 'Deveci' pears on various rootstocks, BA29 had the largest (2.32 m<sup>3</sup>) CV, and MC rootstock had the lowest (0.74 m<sup>3</sup>) CV. The CV of 'Santa Maria' grafted on QA rootstock ranged between 0.71 and 2.0 m<sup>3</sup>, and the 'Deveci' between 0.67 and 1.86 m<sup>3</sup> in the Tokat ecological conditions (Küçüker and Ağlar, 2021).

**Table 4.** Canopy attributes of European pear considering different rootstocks, cultivars, and research years.

Çizelge 4. Farklı anaçlar, çeşitler ve araştırma yılları bakımından Avrupa armudunun taç özellikleri.

| Rootstocks   | Cultivars   | Canopy width (cm) | Canopy length (cm) | Canopy height (cm) | Canopy volume (m <sup>3</sup> ) |
|--------------|-------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| BA29         | Santa Maria | 141.34 abc        | 126.79 b-e         | 198.38 d-h         | 1.58 b-e *                      |
|              | Williams    | 112.73 b-e        | 101.52 efg         | 153.72 ijk         | 0.89 d-h                        |
|              | Deveci      | 148.79 ab         | 133.17 a-e         | 202.96 d-g         | 1.81 a-d                        |
| Quince A     | Santa Maria | 144.47 abc        | 134.91 a-d         | 222.50 a-e         | 1.93 abc                        |
|              | Williams    | 87.32 efg         | 69.06 hij          | 125.82 k           | 0.40 gh                         |
|              | Deveci      | 140.70 abc        | 121.09 c-f         | 215.69 b-f         | 1.76 a-d                        |
| FOX9         | Santa Maria | 55.12 gh          | 52.26 j            | 138.80 jk          | 0.22 gh                         |
|              | Williams    | 44.99 h           | 43.41 j            | 126.18 k           | 0.12 h                          |
|              | Deveci      | 66.08 fgh         | 68.50 hij          | 129.67 k           | 0.30 gh                         |
| FOX11        | Santa Maria | 128.18 a-d        | 124.84 b-e         | 225.64 a-d         | 1.55 b-e                        |
|              | Williams    | 139.31 abc        | 135.79 a-d         | 237.02 a-d         | 1.88 abc                        |
|              | Deveci      | 131.40 abc        | 132.90 a-e         | 242.32 abc         | 1.86 a-d                        |
| OHxF333      | Santa Maria | 117.03 b-e        | 117.60 c-g         | 185.87 e-j         | 1.02 c-h                        |
|              | Williams    | 149.26 ab         | 161.61 a           | 255.33 a           | 2.66 a                          |
|              | Deveci      | 158.85 a          | 153.73 ab          | 251.66 ab          | 2.56 a                          |
| OHxF87       | Santa Maria | 67.40 fgh         | 60.76 ij           | 152.98 ijk         | 0.30 gh                         |
|              | Williams    | 88.19 efg         | 85.97 ghi          | 162.77 h-k         | 0.56 fgh                        |
|              | Deveci      | 54.97 gh          | 54.83 j            | 131.65 k           | 0.16 h                          |
| FAROLD40     | Santa Maria | 119.47 b-e        | 106.86 d-g         | 204.39 c-g         | 1.16 c-g                        |
|              | Williams    | 149.56 ab         | 141.76 abc         | 250.94 ab          | 2.38 ab                         |
|              | Deveci      | 134.09 abc        | 142.14 abc         | 259.19 a           | 1.89 abc                        |
| Seedling     | Santa Maria | 131.05 abc        | 109.98 c-g         | 200.52 d-h         | 1.38 c-f                        |
|              | Williams    | 93.02 def         | 92.01 gh           | 178.31 f-i         | 0.66 e-h                        |
|              | Deveci      | 110.82 cde        | 104.79 d-g         | 173.17 g-j         | 0.95 c-h                        |
| Significance |             | 0.001             | 0.001              | 0.001              | 0.001                           |
| Years (Y)    | 2021        | 99.22 b           | 95.68 b            | 186.85 b           | 0.94 b                          |
|              | 2022        | 126.96 a          | 119.01 a           | 198.61 a           | 1.56 a                          |
| Significance |             | 0.001             | 0.001              | 0.015              | 0.001                           |
| Rootstocks   | BA29        | 134.29 ab         | 120.49 bc          | 185.02 b           | 1.43 bc                         |
|              | Quince A    | 124.17 bc         | 108.35 cd          | 188.00 b           | 1.36 c                          |
|              | FOX9        | 55.40 e           | 54.72 e            | 131.55 c           | 0.21 e                          |
|              | FOX11       | 132.96 ab         | 131.18 b           | 234.99 a           | 1.76 ab                         |
|              | OHxF333     | 141.71 a          | 144.31 a           | 230.96 a           | 2.08 a                          |
|              | OHxF87      | 70.19 d           | 67.19 e            | 149.13 c           | 0.34 e                          |
|              | FAROLD40    | 134.38 ab         | 130.25 b           | 238.17 a           | 1.81 a                          |
|              | Seedling    | 111.63 c          | 102.26 d           | 184.00 b           | 1.00 d                          |
| Significance |             | 0.001             | 0.001              | 0.001              | 0.001                           |
| Cultivars    | Santa Maria | 113.01 a          | 104.25 b           | 191.13 ab          | 1.14 b                          |
|              | Williams    | 108.05 a          | 103.89 b           | 186.26 b           | 1.19 b                          |
|              | Deveci      | 118.21 a          | 113.89 a           | 200.79 a           | 1.41 a                          |
| Significance |             | 0.057             | 0.016              | 0.045              | 0.037                           |

\*: Means with different letters in the same column are significant differences at P&lt;0.05 based on the DMRT test.

**Shoot Characteristics**

The rootstocks x cultivars' combined effect on the annual shoot length (ASL), node numbers in the annual shoots (NNAS), and internode length in the annual shoots (ILAS) characteristics are given in Table 5. In terms of combined rootstocks x cultivars, the ASL and ILAS were statistically significant, while the NNAS was not significant. The ASL varied between 16.11-43.05 cm. The longest ASL was determined in the



'Deveci'/FOX11 combination (43.05 cm), and the shortest (16.11 cm) in the 'Williams'/seedling combination. The NNAS was found between 9.78-16.87 pcs. The ILAS varied between 1.29-2.98 cm. The longest ILAS was determined in the 'Santa Maria'/BA29 combination (2.98 cm) and the shortest (1.29 cm) in the 'Williams'/seedling combination (Table 5).

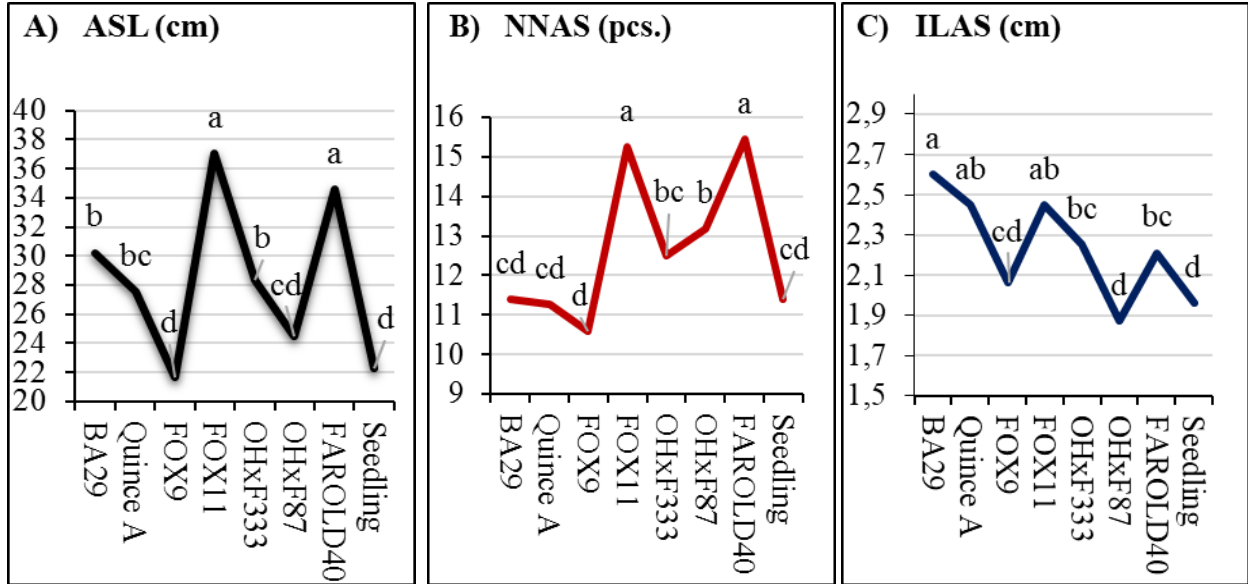
**Table 5.** Shoot characteristics of European pear in terms of different rootstock x cultivar interaction.

Çizelge 5. Farklı anaç x çeşit interaksyonunu bakımından Avrupa armudunun sürgün özellikleri.

| Rootstocks   | Cultivars   | Annual shoot length (cm) | Node numbers in the annual shoots (pcs.) | Internode length in the annual shoots (cm) |
|--------------|-------------|--------------------------|--|--|
| BA29         | Santa Maria | 33.83 a-d                | 11.31 a                                  | 2.98 a *                                   |
|              | Williams    | 24.13 d-i                | 10.44 a                                  | 2.23 c-g                                   |
|              | Deveci      | 32.70 a-e                | 12.45 a                                  | 2.61 a-e                                   |
| Quince A     | Santa Maria | 32.55 a-f                | 11.35 a                                  | 2.89 ab                                    |
|              | Williams    | 23.19 d-i                | 11.22 a                                  | 2.09 d-g                                   |
|              | Deveci      | 26.87 c-i                | 11.25 a                                  | 2.38 b-g                                   |
| FOX9         | Santa Maria | 20.17 ghi                | 11.29 a                                  | 1.81 g                                     |
|              | Williams    | 18.53 hi                 | 9.78 a                                   | 1.89 fg                                    |
|              | Deveci      | 26.28 c-i                | 10.64 a                                  | 2.49 a-f                                   |
| FOX11        | Santa Maria | 35.91 abc                | 13.03 a                                  | 2.77 abc                                   |
|              | Williams    | 32.31 b-f                | 15.89 a                                  | 2.03 efg                                   |
|              | Deveci      | 43.05 a                  | 16.87 a                                  | 2.54 a-e                                   |
| OHxF333      | Santa Maria | 27.55 c-h                | 12.36 a                                  | 2.24 c-g                                   |
|              | Williams    | 21.34 f-i                | 11.22 a                                  | 1.91 fg                                    |
|              | Deveci      | 36.28 abc                | 13.96 a                                  | 2.60 a-e                                   |
| OHxF87       | Santa Maria | 25.67 c-i                | 13.77 a                                  | 1.93 fg                                    |
|              | Williams    | 25.77 c-i                | 14.02 a                                  | 1.82 g                                     |
|              | Deveci      | 21.85 e-i                | 11.72 a                                  | 1.86 g                                     |
| FAROLD40     | Santa Maria | 32.17 b-f                | 14.91 a                                  | 2.11 d-g                                   |
|              | Williams    | 30.71 b-g                | 15.15 a                                  | 2.04 efg                                   |
|              | Deveci      | 40.83 ab                 | 16.25 a                                  | 2.49 a-f                                   |
| Seedling     | Santa Maria | 27.23 c-i                | 10.29 a                                  | 2.65 a-d                                   |
|              | Williams    | 16.11 i                  | 12.00 a                                  | 1.29 h                                     |
|              | Deveci      | 23.47 d-i                | 11.91 a                                  | 1.95 fg                                    |
| Significance |             | 0.001                    | 0.140                                    | 0.001                                      |

\*: Means with different letters in the same column are significant differences at  $P < 0.05$  based on the DMRT test.

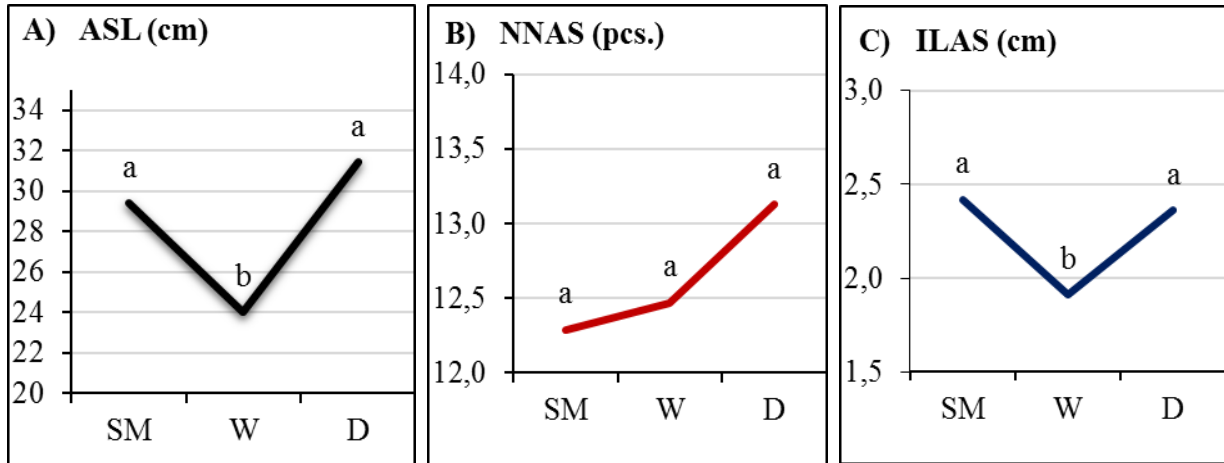
Rootstocks' main effect on the ASL, NNAS, and ILAS characteristics is given in Figure 1. Regarding rootstocks' main effect, all attributes were acquired as statistically significant. The ASL ranged from 21.66-37.09 cm. The longest ASL was determined in the FOX11 rootstock (37.09 cm) and the shortest (21.66 cm) in the FOX9 rootstock. The NNAS was found between 10.57-15.44 pcs. The highest (15.44 pcs.) NNAS was in the FAROLD40 rootstock, while the lowest (10.57 pcs.) was in the FOX9 rootstock. The ILAS was recorded in the range of 1.87-2.60 cm. The longest (2.60 cm) ILAS was determined in the BA29 rootstock, and the shortest (1.87 cm) in the OHxF87 rootstock (Figure 1).



**Figure 1.** The rootstock's main effects on; **A)** annual shoot length (ASL), **B)** node numbers in the annual shoots (NNAS), and **C)** internode length in the annual shoots (ILAS).

Şekil 1. A) yıllık sürgün uzunluğu (ASL), B) yıllık sürgünlerdeki boğum sayıları (NNAS) ve C) yıllık sürgünlerdeki boğum arası uzunluğu (ILAS) üzerine anaçların etkisi.

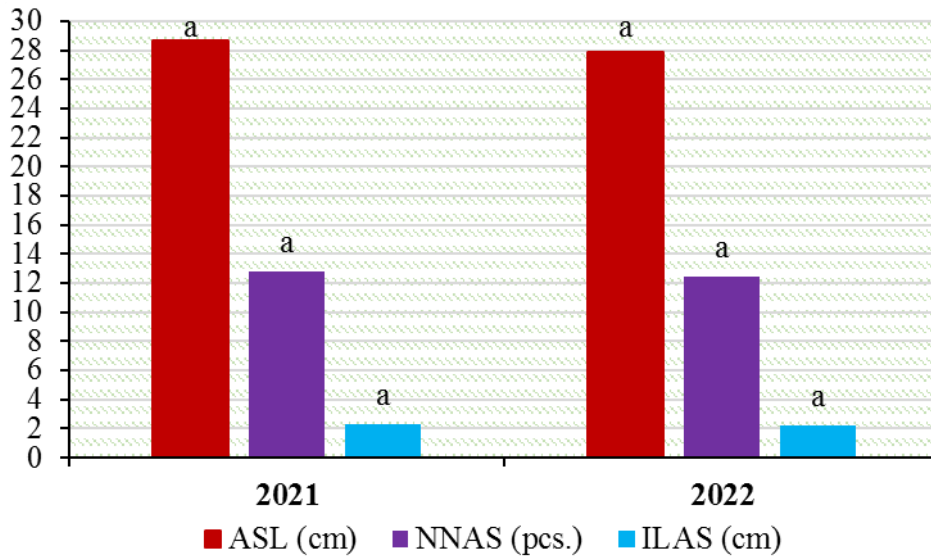
Cultivar's main effects on the ASL, NNAS, and ILAS characteristics are illustrated in Figure 2. Considering cultivar main effects, the ASL and ILAS were obtained as statistically significant, while the NNAS was not significant. The ASL varied from 24.01 cm to 31.42 cm. The longest ASL was determined in the 'Deveci' cultivar (31.42 cm) and the shortest (24.01 cm) in the 'Williams' cultivar. The NNAS was found between 12.29-13.13 pcs. The ILAS was 1.91-2.42 cm. The longest (2.42 cm) ILAS was determined in the 'Santa Maria' cultivar, and the shortest (1.91 cm) in the 'Williams' cultivar (Figure 2).



**Figure 2.** The cultivar's main effects on; **A)** annual shoot length (ASL), **B)** node numbers in the annual shoots (NNAS), and **C)** internode length in the annual shoots (ILAS). SM= 'Santa Maria', W= 'Williams', D= 'Deveci'.

Şekil 2. A) yıllık sürgün uzunluğu (ASL), B) yıllık sürgünlerdeki boğum sayıları (NNAS) ve C) yıllık sürgünlerdeki boğum arası uzunluğu (ILAS) üzerine çeşitlerin etkisi.

The research years' main effect on the ASL, NNAS, and ILAS characteristics is shown in Figure 3. Considering research years' main effect on the ASL, NNAS, and ILAS was not significant.



**Figure 3.** Research years' main effects on the annual shoot length (ASL), node numbers in the annual shoots (NNAS), and internode length in the annual shoots (ILAS).

Şekil 3. Yıllık sürgün uzunluğu (ASL), yıllık sürgünlerdeki boğum sayısı (NNAS) ve yıllık sürgünlerdeki boğum arası uzunluğu (ILAS) üzerine araştırma yılların etkisi.

The ASL of pear cvs. 'Ankara', 'Akça', 'Williams', 'Santa Maria', and 'Deveci' in Bingöl ecological conditions were observed between 22.0-86.0 cm. The highest ASL was in 'Ankara', and the lowest was in the 'Santa Maria' cultivar (Osmanoğlu et al., 2013). In the case of 'Abate Fetel' pear, the ASL was the highest on seedlings (82.0 cm) and the lowest on BA29 (4.6 cm) and MA (5.2 cm) rootstocks. In addition, they observed the highest (83.3 cm) ASL of the 'Conference' pear on the seedling and the shortest (2.6 cm) on the BA29 rootstock (Castro and Rodriguez, 2002). In the case of different rootstocks x cultivars combinations, the ASL recorded between 26.0-44.56 cm in the 'Deveci'/QA, 35.56-49.0 cm in the 'Santa Maria'/QA, 22.89-46.44 cm in the 'Deveci'/OHxF333, and 16.67-37.90 cm in the 'Santa Maria'/OHxF333 by Engin (2011). In the case of pear cv. 'Shahmiveh', the longest ASL was obtained from Konjoni and pear seedlings rootstocks, and the shortest from hawthorn seedling and QC rootstocks (Akbari et al., 2014). A study evaluated the effect of Champion, Melliforme, *P. calleryana* pear rootstock on the ASL of pear cv. 'Williams' by Pasa et al. (2020), it was found that the Champion had weaker growth than other rootstocks. In a study that evaluated the effect of different rootstocks and cultivars on morphological characteristics, the annual shoot length of 26.88 (MC) to 45.09 cm (BA29), 31.99 'Deveci' to 42.79 cm 'Abate Fetel' were reported by Kurt et al. (2022a).

## CONCLUSION

It was determined that pear cv. 'Williams' did not perform well in vegetative growth compared to other evaluated cultivars. It may result from incompatibility between the 'Williams' and rootstocks used in the study. The 'Deveci' cultivar performed better morphological growth than both 'Santa Maria' and 'Williams' cultivars. The genetic capacity of rootstocks, cultivars, and variations of the climatical conditions in two consequent research years, 2021 and 2022, resulted in the withstand variations in the morphological attributes of pear trees.

## FUNDING

The support provided for this project (PYO.ZRT.1904.022.026) by the Ondokuz May University Scientific Research Projects Office (OMU-BAP).

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest concerning this article's research, authorship, and/or publication.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

**ZAF:** Gathered the information, analyzed the data, and wrote the manuscript.

**AÖ:** conceptualized and designed the study and checked the final draft.

## REFERENCES

- Akbari, H., Ghasemi, A., & Ebrahimipour, H. (2014). Investigations and comparisons of potential efficiency of quince and local rootstocks on nutrient uptake and control vigor of 'Esfahan Shahmiveh' pear cultivar. *International Journal of Advanced Life Sciences*, 7(4), 603-609.
- Akçay, M. E., Büyükyılmaz, M., & Burak, M. (2009). Marmara bölgesi için ümitvar armut çeşitleri - IV . *Bahçe*, 38(1), 1-10.
- Askari-Khorasania, O., Jafarpoura, M., Hadada, M. M., & Pessaraklib, M. (2019). Fruit yield and quality characteristics of 'Shahmiveh' pear cultivar grafted on six rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*, 42(4), 323-332. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1555592>
- Bolat, İ., & İkinci, A. (2019). Meyvecilikte anaç kullanımı. I. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi (8-10 Mart 2019, Şanlıurfa, Türkiye) Bildirileri, 278-283.
- Castro, H. R., & Rodriguez, R. O. (2002). The behavior of quince selections as pear rootstocks for 'Abbé Fétel' and 'Conference' pear cultivars in the Rio Negro valley, Argentina. *Acta Horticulturae*, 596, 363-368. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.56>
- Corso, M., & Bonghi, C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*, 1(3), 108-113. <https://doi.org/10.14719/pst.2014.1.3.64>
- Çetinbaş, M., Butar, S., Sesli, Y., & Yaman, B. (2018). Armut fidanı üretiminde farklı çeşit/anaç kombinasyonlarının bazı fidan özelliklerine etkisi üzerine araştırmalar. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(Ek Sayı), 8-12. <https://doi.org/10.13002/jafag4499>
- Çoban, N. (2019). *Farklı anaçlar üzerine aşılı armut çeşitlerinin aşı uyuşma durumlarının belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı], Samsun.
- Çoban, N., & Öztürk, A. (2020). Effect of rootstock and cultivars on some branch and leaf characteristics in pear. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 2(1), 15-22. <https://doi.org/10.14744/turkjfas.2020.005>
- Dondini, L., & Sansavini, S. (2012). European pear. In: Fruit Breeding. Editors. Badanes, M.L., Byrne, D.H., (ed.), New York: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_11)
- Engin, K. (2011). *OHF x 333 ve Quince A anaçları üzerine aşılı 'Santa Maria' ve 'Deveci' armut çeşitlerinde farklı terbiye sistemlerinin vejetatif ve generatif gelişim üzerine etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı], Tokat.
- Francescato, P., Pazzin, D., Gazolla Neto, A., Fachinello, J. C., & Giacobbo, C. L. (2010). Evaluation of graft compatibility between quince rootstocks and pear scions. *Acta Horticulturae*, 872, 253-260. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.34>
- Giacobbo, C. L., Gazolla Neto, A., Pazzin, D., Francescato, P., & Fachinello, J. C. (2010). The assessment of different rootstocks to the pear tree cultivar 'Carrick'. *Acta Horticulturae*, 872, 353-358. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.49>
- Giacobbo, C. L., Fischer, D. L. O., & Uberti, A. (2018). Rootstocks as possible alternative uses for pear trees cultivar select. *Horticulture International Journal*, 2(3), 84-86. <https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00031>
- Hepaksoy, S. (2019). Meyvecilikte anaç kullanımı: Armut anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2), 69-74.
- Hudina, M., Orazem, P., Jakopic, J., & Stampar, F. (2014). The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). *Journal of Plant Physiology*, 171, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.10.022>
- Iglesias, I., & Asin, L. (2011). Agronomical performance and fruit quality of 'Conference' pear grafted on clonal quince and pear rootstocks. *Acta Horticulturae*, 903, 439-442. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.59>




- Jovanovic, M., Milošević, T., Milošević, N., Ercişli, S., Glišić, I., Paunović, G., & Ilić, R. (2022). Tree growth, productivity, and fruit quality attributes of pear grown under a high-density planting system on heavy soil. A case study. *Erwerbs-Obstbau*, 65(1), 25-34. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00671-0>
- Kaplan, N. (2011). Quince A üzerine aşılı bazı armut çeşitlerinin Samsun koşullarındaki verim ve gelişme durumlarının belirlenmesi. *Türkiye Vi. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 695, 700, 4-8 Ekim, Şanlıurfa.
- Kılıç, D. (2015). *Gürgentepe (Ordu) ilçesinde yetiştirilen yerel armut çeşitlerinin meyve ve ağaç özellikleri*. [Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü], Ordu.
- Küçüker, E., & Ağlar, E. (2021). The effect of the different training systems on yield and vegetative growth of 'Santa Maria' and 'Deveci' pear cultivars. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(4), 870-875. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.940463>
- Kul, Y. M., Öztürk, A., & Faizi, Z. A. (2022). Evaluation of different rootstocks and cultivars on pruning weight in young pear trees. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(4), 440-447. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1167288>
- Kumar, A., Kumar, A., Kumar, V., Tiwari, B., Singh, S., & Pandey, V. (2023). Evaluation of different elite pear (*Pyrus communis* L.) varieties for north western plain zone of Uttar Pradesh, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6), 484-492. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i61847>
- Kurt, T., Öztürk, A., & Faizi, Z. A. (2022a). Determination of phenological and morphological characteristics of some standard pear cultivars on different quince clonal rootstocks. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 782-801. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1153780>
- Kurt, T., Öztürk, A., & Faizi, Z. A. (2022b). Survival rate of young pear trees in different rootstock and cultivar combinations under field conditions: preliminary results. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), 405-420. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1091137>
- Kviklys, D., & Kvikliene, N. (2004). pear rootstock effect on growth, productivity and fruit internal quality. *Acta Horticulturae*, 658, 359-363. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.658.52>
- Lepsis, J., & Drudze, I. (2011). Evaluation of seven pear rootstocks in Latvia. *Acta Horticulturae*, 903, 457-461. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.62>
- Machado, B. D., Magro, M., Rufato, L., Bogo, A., & Kretschmar, A. A. (2016). Graft compatibility between European pear cultivars and East Malling "C" Rootstock. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017063>
- Mete, İ. (2019). *Bazı armut çeşitlerinde fenolojik, morfolojik ve pomolojik özelliklerinde belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı], Aydın.
- North, M., de Kock, K., & Booyse, M. (2015). Effect of rootstock on 'Forelle' pear (*Pyrus communis* L.) growth and production. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(2), 65-70. <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.981881>
- Orman, E. (2005). *Bahçesaray yöresi mahalli armutlarının pomolojik ve morfolojik incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Basılmamış YYU Fen Bilimleri Enst], Van.
- Osmanoğlu, A., Şimşek, M., & Şanlı, A. (2013). Bazı standart armut çeşitlerinin Bingöl ekolojisindeki performansı üzerinde bir araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 23(3), 222-228.
- Ozturk, A., Cemek, B., Demirsoy, H., & Kucuktopcu, E. (2019). Modelling of the leaf area for various pear cultivars using neuro computing approaches. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(4), e0206. <https://doi.org/10.5424/sjar/2019174-14675>
- Ozturk, A., & Faizi, Z. A. (2023). Growth, yield and quality performance of pear (*Pyrus communis* L.) cv.'Santa Maria' under high density planting. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66, e23220414. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220414>
- Öztürk, A., & Öztürk, B. (2014). The Rootstock influences growth and development of 'Deveci' pear. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1049-1053.
- Öztürk, A. (2021). Farklı anaçlar üzerine aşılı 'Deveci' armudunun büyüme ve meyve kalite özellikleri. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(3), 179-187. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.999637>

- Pasa, M. S., Fachinello, J. C., Rosa Júnior, H. F., Franceschi, E., Schmitz, J. D., & Souza, A. L. K. (2015) Performance of 'Rocha' and 'Santa Maria' pear as affected by planting density. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 126-131. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200004>
- Pasa, M., Schmitz, S., Silva, J. D., & Giovanaz, C. P. (2017). Performance of 'Carrick' pear grafted on quince rootstocks. *Agropecuária Catarinense*, 30, 57-60. <https://doi.org/10.52945/rac.v30i1.8>
- Pasa, M. S., Schmitz, J. D., Junior, H. F. R., Souza, A. L. K., Malgarim, M. B., & MelloFarias, P. C. (2020). Performance of 'Williams' pear grafted onto three rootstocks. *Revista Ceres (Viçosa)*, 67(2), 133-136. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202067020006>
- Rahman, J., Aftab, M., Rauf, M. A., Rahman, K. U., Farooq, W. B., & Ayub, G. (2017). Comparative study on compatibility and growth response of pear varieties on different rootstocks at nursery. *Pure Applied Biology*, 6(1), 286-292. <https://doi.org/10.19045/bspab.2017.60026>
- Saracoglu, O., & Cebe, U. (2018). Cyclanilide treatments increase lateral branching of apple and pear nursery trees. *Applied Ecology & Environmental Research*, 16(4), 4575-4583. [https://doi.org/10.15666/aeer/1604\\_45754583](https://doi.org/10.15666/aeer/1604_45754583)
- Serttaş, S. (2019). *Bazı armut klon anaçları üzerine aşılı armut çeşitlerinin fidan gelişim performanslarının belirlenmesi*. [Yüksek Lisan Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü], Samsun.
- Serttaş, S., & Öztürk, A. (2020). Armut fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine anaçların ve çeşitlerin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(2), 175-185. <https://doi.org/10.24180/ijaws.723174>
- Simionca, M. L. I., Pop, R., Somsai, P. A., Oltean, I., Popa, S., Sestras, A. F., Militaru, M., Botu, M., & Sestras, R. E. (2023). Comparative Evaluation of Pyrus Species to Identify Possible Resources of Interest in Pear Breeding. *Agronomy*, 13(5), 1264. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051264>
- Stern, R. A., & Doron, I. (2009). Performance of 'Coscia' pear (*Pyrus communis* L.) on nine rootstocks in the north of Israel. *Scientia Horticulturae*, 119, 252-256. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.002>
- Sugar, D., & Basile, S. R. (2011). Performance of 'Comice' pear on quince rootstocks in Oregon, USA. 2011. *Acta Horticulturae*, 909, 215-218. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.909.23>
- Yamada, K., Uematsu, C., & Katayama, H. (2015). Pear (*Pyrus* spp. L.) genetic resources from northern Japan: Organoleptic evaluation of ornamental pear trees. *Acta Horticulturae*, 1094, 117-122. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1094.11>
- Zhang, J., Serra, S., Leisso, R. S., & Musacchi, S. (2016). Effect of light microclimate on the quality of 'd Anjou' pears in mature open center tree architecture. *Bio Systems Engineering*, 141, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.11.002>



## Çay Artıklarından Elde Edilen Odun Sirkesinin Lahanada Fide Gelişimi ve Besin Maddesi İçeriği Üzerine Etkisi

The Effect of Wood Vinegar Obtained from Tea Wastes on Seedling Growth and Nutrient Content in Cabbage

Merve Yüce<sup>1</sup> , Güleray Açar<sup>2</sup> , Ertan Yıldırım<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 02.10.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 19.12.2023

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Bu çalışmada, çay bitkisi atıklarından elde edilen odun sirkesinin farklı dozlarda yaprakтан ve topraktan uygulanarak lahanada fidelerinde bitki gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Odun sirkesi (OS) farklı dozlarda (0, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:250 ve 1:500; odun sirkesi/su) hazırlanarak lahanada fidelerine iki şekilde (yapraklara püskürtülerek ve topraktan) uygulanmıştır. Uygulamalar birer hafta aryla 3 kez yapılmıştır. Odun sirkesinin yaprakтан ve topraktan uygulamaları lahanada fidelerinde bitki gelişimini istatistiksel anlamda önemli olarak etkilemiştir. En yüksek gövde çapı, bitki uzunluğu gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı yaprakтан 1:500 OS uygulamasından elde edilirken en yüksek kök taze ağırlığı yaprakтан 1:250 OS uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük değerler ise yaprak vetopraktan uygulanan en yüksek OS konsantrasyonundan (1:25) elde edilmiştir. Çalışmada yaprak veya topraktan farklı dozlarda uygulanan OS uygulamalarının lahanada fidelerinde N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B ve Cu içeriğine etkisinin önemli olduğu ve genellikle bitki besin element içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak özellikle düşük konsantrasyonda yaprakтан veya topraktan OS uygulamaları lahanada fidelerinde bitki gelişimini olumlu olarak etkilediği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lahanada (*Brassica oleracea*), odun sirkesi, fide gelişimi, besin maddesi içeriği

&

**Abstract:** The purpose of the study was to determine the effect of wood vinegar obtained from tea plant waste on plant growth and mineral content in cabbage seedlings applied to leaves and soil in different doses. Wood vinegar (OS) was prepared in different doses (0, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:250 and 1:500; wood vinegar/water) and applied to cabbage seedlings in two ways (by spraying on the leaves or drench). Applications were made 3 times with one week intervals. Foliar and soil applications of wood vinegar had a statistically significant effect on plant growth in cabbage seedlings. While the highest stem diameter, plant length, stem fresh weight, stem dry weight and root dry weight were obtained from the foliar 1:500 OS application, the highest root fresh weight was determined from the foliar 1:250 OS application. The lowest values were obtained from the highest concentrations (1:25) applied to leaves and soil. In the study, it was determined that the effect of OS applications applied to leaves or soil at different doses on the N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B and Cu contents in cabbage seedlings was significant and generally increased the plant nutrient element content. In conclusion, it was determined that foliar or soil OS applications, especially at low concentrations, positively affect plant growth in cabbage seedlings.

**Keywords:** Cabbage (*Brassica oleracea*), wood vinegar, seedling growth, nutrient element content

**Atf/Cite as:** Yüce, M., Açar, G., & Yıldırım, E. (2024). Çay artıklarından elde edilen odun sirkesinin lahanada fide gelişimi ve besin maddesi içeriği üzerine etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 16-22. doi: 10.24180/ijaws.1369931

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr. Merve Yüce, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, merve.yuce@atauni.edu.tr

<sup>2</sup> Prof. Dr. Güleray Açar, Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, gagar@atauni.edu.tr

<sup>3</sup> Prof. Dr. Ertan Yıldırım, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ertanyil@atauni.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

## GİRİŞ

Biyokütle pirolizinin bir yan ürünü olan OS (odun sirkesi), tarım, ormancılık, çevre ve diğer alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle giderek artan ilgi görmektedir. OS, organik asitler, fenolik, alkol ve ester bileşiklerinden oluşan 200'den fazla suda çözünür bileşikten oluşur. OS'nin, koku giderici, hayvan yemi katkı maddesi ve böcek kovucu gibi tarımsal kullanımlar ve toprak veya yaprak gübresi gibi birçok kullanımı alanı bulunmaktadır. OS'nin, farklı bitkilerde tohum çimlenmesini ve bitki gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir (Mungkunkamchao vd., 2013).

OS, toprak enzim aktivitelerini uyararak (Lashari vd., 2013), amonyak buharlaşmasını azaltarak (Win vd., 2009) ve metal toksisitesini hafifleterek toprak yapısının iyileştirilmesinde umut verici potansiyeli nedeniyle ilgi odağı haline gelmiştir (Win vd., 2009; Liu vd., 2018). OS'nin tohuma, toprağa veya yaprağa uygulanması patlıcan ve biberde büyümeye bağlı parametreleri iyileştirdiği bildirilmiştir (De Guzman ve Cababaro, 2021; Zhu vd., 2021). Yüksek veya seyreltilmiş OS çözeltisinin antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu ve bir büyüme düzenleyicisi olarak görev yapabileceği rapor edilmiştir (Yang vd., 2016; Zhu vd., 2021). OS'nin ayrıca stres koşullarında bitki gelişimini olumlu etkilediği de bildirilmiştir (Theapparat vd., 2018; Mohd Amnan vd., 2023).

Tarım ve ormancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan ve çoğunlukla yakılarak veya doğada terk edilerek elden çıkarılan biyokütle miktarının yıllık 146 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu tür biyokütle kalıntılarının yakılması, toprak canlılarını olumsuz etkileyerek toprağın bozulmasına yol açabilir (Birol ve Günel, 2022). Çay, en yaygın ve en çok tüketilen içeceklerden biri olup, sudan sonra ikinci sırayı almaktadır. Çay atıkları çevre sektörü, enerji sektörü, polimer endüstrisi vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Çay ve türevi ürünlerin tüketiminin artmasıyla birlikte, başta çay ekstraktlarının üretimi sırasında oluşan çay kalıntıları, toplanmamış çay yaprakları ve budanmış dallar olmak üzere çay atıklarının miktarı hızla artmış olup, bu da büyük biyokütle kaybına ve çevresel kirlenmenin artmasına yol açmaktadır (Guo vd., 2021). Budanmış çay yaprakları ve çay kalıntıları, karboksil, hidroksil, fenolik hidroksil ve oksil gruplarının yanı sıra oksijen/heteroatom içeren gruplarda bol miktarda bulunan lignin ve holoselüloz bakımından zengindir (Hussain vd., 2018).

Yapılan çalışmalar odun sirkesi uygulamalarının etkisinin elde edildiği kaynağın türüne ve uygulama konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermiştir (Idowu vd., 2023). Türkiye çay alanları 2015 yılında 762 bin dekar iken 2019 yılında 849 bin dekara çıkmıştır. Diğer yandan 2015 yılında 1.33 milyon ton olan çay üretimi 2019 yılında 1.45 milyon tona yükselmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'de büyük miktarlarda açığa çıkan ve değerlendirilmeyen çay bitkisi atığından elde edilen odun sirkesinin farklı dozlarda yapraktan ve topraktan uygulanan lahana fidelerinde bitki gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Çalışma Atatürk Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Araştırma Müdürlüğü'ne ait yarı kontrollü serada yürütülmüştür. Çalışma boyunca sıcaklık ve nem ölçümleri alınmış olup, ortalama sıcaklık 24 °C ve ortalama nem ise %60 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada bitkisel materyal olarak lahana (*Brassica oleracea* var *capitata* cv. Yalova 1) kullanılmıştır. Lahana tohumları torf:perlit (2:1) içeren 216 gözlü viyollere ekildikten sonra yaklaşık bir ay sonra 2-3 adet gerçek yapraklı aşamadaki fideler içinde 2:1:1 oranlarda bahçe toprağı:torf:kum olan 1.5 L'lik saksılara aktarılmıştır. Saksılara herhangi bir gübre uygulaması yapılmamıştır.

Rize Belediyesinin bir kuruluşu olan Ribekent tarafından çay atıklarından proliysis yöntemi ile üretilen odun sirkesi (Çizelge 1) farklı dozlarda (0, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:250 ve 1:500; OS/su) hazırlanarak lahana fidelerine iki şekilde (yapraklara püskürtülerek veya topraktan) uygulanmıştır. Uygulamalar birer hafta arayla 3 kez yapılmıştır.



**Çizelge 1.** Denemede kullanılan odun sirkesinin bazı kimyasal özellikleri.*Table 1. Some chemical properties of the wood vinegar used in the experiments.*

|   |       |
|---|-------|
| Organik Madde (%)                               | 36.15 |
| Organik Karbon (%)                              | 16.14 |
| pH  | 5.73  |
| EC (dS m <sup>-1</sup> )                        | 3.43  |
| Toplam Mangan (Mn) (ppm)                        | 4.80  |
| Toplam Azot (N) (%)                             | 1.27  |
| Organik Azot (%)                                | 0.94  |
| Toplam Kükürt (S) (%)                           | 0.10  |
| Toplam (Humik+Fulvik) Asit (%)                  | 60.39 |
| Toplam Bor (B) (ppm)                            | 5.00  |
| Toplam Fosfor (P) (%)                           | 0.25  |
| Toplam Demir (Fe) (ppm)                         | 49.8  |
| Toplam Çinko (Zn) (ppm)                         | 4.40  |
| Suda Çöz. Potasyum Oksit (K <sub>2</sub> O) (%) | 0.05  |

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 6 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Lahana fideleri saksılara dikiminden 40 gün sonra çalışma tamamlanmıştır. Deneme sonunda fidelerin gövde çapı kumpas ve bitki boyu cetvel ile gövde ve kök taze ve kuru ağırlıkları ise hassas terazide tartılarak belirlenmiştir. Kuru ağırlıklar kök ve gövdeler 68 °C de ağırlık değişmez duruma gelinceye kadar etüvde tutulduktan sonra tartılarak tespit edilmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen toprak üstü aksam öğütüldükten sonra toplam azot (N)'nin belirlenmesi, Vapodest 10 Hızlı Kjeldahl Damıtma Ünitesi (Gerhardt, Königswinter, Almanya) kullanılarak Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner, 1996). Fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), kükürt (S), mangan (Mn), demir (Fe), çinko (Zn), bor (B) ve bakır (Cu) gibi besin elementi içeriğini belirlemek için indüktif olarak eşleşmiş bir plazma spektrofotometresi (Optima 2100 DV, ICP/OES; Perkin-Elmer, Shelton, CT) kullanılmıştır.

Elde edilen veriler Varyans analizine tabi tutulduktan sonra uygulamalar arasındaki farklar SPSS programı kullanılarak LSD (0.05) çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Sera koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 2 ve Çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelge 2 incelendiğinde odun sirkesinin yapraktan ve topraktan uygulamalarının lahana fidelerinde bitki gelişimini istatistiksel anlamda önemli olarak etkilediği görülmektedir. En yüksek gövde çapı, bitki boyu, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı yapraktan 1:500 OS uygulamasından elde edilirken en yüksek kök taze ağırlığı yapraktan 1:250 OS uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük değerler ise yaprak ve topraktan uygulanan en yüksek konsantrasyonlardan (1:25) elde edilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara paralel olarak önceki araştırmalarda da farklı hammaddelerden elde edilen OS uygulamalarının bitki büyümesini ve gelişimini iyileştirdiği gösterilmiştir (Zhu vd., 2021; Luo vd., 2019). Yine, OS uygulamalarının domates ve hıyarda bitki gelişimini olumlu etkilediği rapor edilmiştir (Mungkunkamchao vd., 2013; Pan vd., 2017; Lei vd., 2018). OS uygulamalarının pirinç ve buğdayda kuraklık stresi toleransını artırdığı belirlenmiştir (Luo vd., 2019; Dissatian vd., 2018; Wang vd., 2019). Kolzada tohumu OS uygulamasının, biyokütle ile ilgili parametrelerde, klorofil içeriğinde ve fotosentezde önemli ölçüde kontrole göre iyileştiği rapor edilmiştir (Ma vd., 2022). Luo vd. (2019) kavak ağacından elde edilen odun sirkesinin biber ve domateste özellikle düşük konsantrasyonlarda kök ve toprak üstü biyokütleyi önemli düzeyde artırdığını ileri sürmüşlerdir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi denemede kullanılan çay bitkisi atıklarından elde edilen OS'nin önemli miktarda humik ve fulvik asit içerdiği görülmektedir. Humik maddelerin doğal, etkili büyüme destekleyicileri olduğu bilinmektedir. Düşük molekül ağırlıklı humik asit, kök hücrelerine girebilir ve hücre içi sinyalleri doğrudan uyarabilir. Besin taşıyıcıları, plazma zarı H<sup>+</sup>-ATPazları, hormon yolları ve azot alımı, hücre bölünmesi ve gelişiminde rol oynayan genler/enzimlerin tümü humik asit'den etkilenir (Vikram vd., 2022). Humik asit ve humik maddeler toprakta kullanıldığında toprak yapısını iyileştirebilir,

besin elementi alım etkinliğini artırabilir ve bitkilerde morfogenezini, yan kök oluşumunu ve kılcal kök oluşumunu teşvik ederek ve aynı zamanda uyarıcı olarak büyümeyi arttırıcı olarak hareket edebilir. Hümik maddeler ayrıca, karbon, azot ve sekonder metabolizma indüksiyonunu artırır (Khan vd., 2018; Yanan vd., 2020; Nardi vd., 2021).

**Çizelge 2.** OS uygulamalarının lahanada fidelerinde bazı bitki büyüme parametreleri üzerine etkisi.

Table 2. Effect of wood vinegar applications on some plant growth parameters in cabbage seedlings.

| Uygulama                | Gövde Çapı (mm) | Bitki boyu (cm) | Gövde yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> ) | Gövde kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> ) | Kök yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> ) | Kök kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|-----------------|-----------------|---|--|---|--|
| 1:25 Toprak             | 2.77            | 16.00           | 10.58                                       | 2.10   | 2.08                                      | 0.29                                       |
| 1:25 Yaprak             | 3.72            | 19.17           | 14.01                                       | 2.13   | 2.26                                      | 0.30                                       |
| 1:50 Toprak             | 5.05            | 22.67           | 24.94                                       | 3.37   | 2.81                                      | 0.41                                       |
| 1:50 Yaprak             | 4.38            | 21.50           | 21.19                                       | 2.80   | 2.66                                      | 0.39                                       |
| 1:75 Toprak             | 5.02            | 25.67           | 25.51                                       | 3.38   | 3.82                                      | 0.52                                       |
| 1:75 Yaprak             | 5.25            | 21.33           | 25.13                                       | 3.62   | 4.07                                      | 0.55                                       |
| 1:100 Toprak            | 4.72            | 25.00           | 25.60                                       | 3.74   | 3.11                                      | 0.51                                       |
| 1:100 Yaprak            | 4.00            | 24.33           | 24.81                                       | 3.72   | 4.04                                      | 0.55                                       |
| 1:250 Toprak            | 4.92            | 24.50           | 25.54                                       | 3.64   | 3.42                                      | 0.54                                       |
| 1:250 Yaprak            | 4.46            | 23.50           | 26.50                                       | 3.85   | 4.32                                      | 0.53                                       |
| 1:500 Toprak            | 5.09            | 27.00           | 27.98                                       | 3.71   | 3.65                                      | 0.54                                       |
| 1:500 Yaprak            | 5.25            | 28.33           | 29.60                                       | 4.08   | 3.65                                      | 0.56                                       |
| Kontrol                 | 4.28            | 22.50           | 21.12                                       | 3.18   | 2.68                                      | 0.40                                       |
| <b>Ortalama</b>         | <b>4.53</b>     | <b>23.19</b>    | <b>23.27</b>                                | <b>3.33</b>                                  | <b>3.27</b>                               | <b>0.47</b>                                |
| F değeri                | 49.69**         | 37.10**         | 48.92**                                     | 93.91**                                      | 95.19**                                   | 103.27**                                   |
| LSD (0.05)              | 0.30            | 1.56            | 2.23  | 0.19   | 0.22                                      | 0.03                                       |
| Varyasyon katsayısı (%) | 3.89            | 4.01            | 5.76  | 3.36   | 3.94                                      | 3.56                                       |

\*\* : p<0.001

Çalışmada yaprak veya topraktan farklı dozlarda uygulanan OS uygulamalarının lahanada fidelerinde N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B ve Cu içeriğine etkisinin önemli olduğu ve genellikle bitki besin elementi içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir. En fazla N, K, Ca, Mg ve Fe içeriği yapraktan 1:100 OS uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek P, S ve B 1:250 toprak, en yüksek Mn ve Zn 1:500 yaprak, en yüksek Zn ise 1:100 toprak uygulamasında belirlenmiştir. Benzer şekilde Mirsoleimani vd. (2023) OS uygulamalarının bitkinin Ca, Na ve Mn alımını arttırdığını rapor etmişlerdir. OS, toprağın pH'ını ve tuzluluğunu ve dolayısıyla bitkinin kuru ağırlığını ve besin alımını etkileyerek topraktaki besin maddelerinin kullanılabilirliğini ve bunların bitki tarafından alımını etkileyebilir (Mirsoleimani vd., 2023). OS'nin düşük molekül ağırlığa sahip asitleri (asetik asit ve propanoik asit gibi) içerdiği ve bu düşük molekül ağırlığa sahip asitlerin bitkilerde kök morfolojisi ve biyokütlesini destekleyerek besin alımını kolaylaştırdığı ve sonuç olarak rizosferin kalitesini iyileştirerek besin kullanılabilirliğini arttırdığı bildirilmiştir (Sharma vd., 2016). Toprağa uygulanan hümik maddelerin besin elementi alımını ve kök mimarisini etkileyerek özellikle stres koşullarında bitki gelişimi ile besin maddesi alımını arttırdığı rapor edilmiştir (Vikram vd., 2022). Nitekim bizim çalışmamızda kullandığımız çay bitkisi atıklarından elde edilen OS'nin önemli miktarda hümik madde içerdiği görülmektedir (Çizelge 1). Hümik maddeler ayrıca, besin kullanım verimliliğini, makro ve mikro element asimilasyonunu ve karbon, N ve sekonder metabolizma indüksiyonunu arttırdığı ileri sürülmüştür (Khan vd., 2018; Yanan vd., 2020; Nardi vd., 2021).

**Çizelge 3.** Odun sirkesi uygulamalarının lahanada fidelerinde bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi.

Table 3. Effect of wood vinegar applications on plant nutrient content in cabbage seedlings.

| Uygul.           | N (%)       | P (%)       | K (%)       | Ca (%)      | Mg (%)       | S (%)        | Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | B (mg kg <sup>-1</sup> ) | Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1:25 Top         | 3.43        | 1.25        | 2.13        | 3.70        | 0.337        | 0.250        | 50.63                     | 20.15                     | 3.28                      | 2.86                     | 18.48                     |
| 1:25 Yap         | 2.82        | 0.92        | 1.57        | 3.50        | 0.199        | 0.183        | 41.70                     | 12.37                     | 2.87                      | 2.77                     | 18.51                     |
| 1:50 Top         | 3.17        | 1.21        | 2.13        | 3.42        | 0.245        | 0.307        | 51.23                     | 16.90                     | 3.72                      | 4.00                     | 10.61                     |
| 1:50 Yap         | 3.44        | 1.32        | 2.04        | 3.97        | 0.310        | 0.289        | 55.19                     | 18.84                     | 3.74                      | 3.32                     | 14.42                     |
| 1:75 Top         | 2.84        | 1.12        | 1.85        | 3.08        | 0.224        | 0.485        | 52.91                     | 17.46                     | 3.32                      | 3.30                     | 20.30                     |
| 1:75 Yap         | 2.87        | 1.19        | 1.99        | 3.12        | 0.240        | 0.442        | 44.42                     | 15.12                     | 3.37                      | 3.15                     | 19.52                     |
| 1:100Top         | 3.55        | 1.53        | 2.56        | 4.25        | 0.337        | 0.331        | 60.10                     | 20.47                     | 4.02                      | 3.22                     | 10.67                     |
| 1:100Yap         | 3.80        | 1.51        | 2.71        | 4.34        | 0.348        | 0.297        | 56.30                     | 21.57                     | 3.76                      | 3.55                     | 14.52                     |
| 1:250Top         | 2.76        | 1.73        | 1.81        | 3.18        | 0.231        | 0.734        | 47.82                     | 14.50                     | 3.07                      | 4.38                     | 21.15                     |
| 1:250Yap         | 3.31        | 1.62        | 2.38        | 3.52        | 0.255        | 0.525        | 51.90                     | 17.26                     | 3.86                      | 3.78                     | 11.50                     |
| 1:500Top         | 2.90        | 1.47        | 1.65        | 3.24        | 0.341        | 0.260        | 40.10                     | 15.30                     | 3.07                      | 3.18                     | 12.52                     |
| 1:500Yap         | 2.75        | 1.52        | 1.80        | 3.12        | 0.327        | 0.690        | 60.49                     | 14.43                     | 3.44                      | 3.64                     | 21.50                     |
| Kontrol          | 2.78        | 0.91        | 1.56        | 2.95        | 0.204        | 0.171        | 40.59                     | 13.23                     | 3.10                      | 2.69                     | 9.55                      |
| <b>Ort.</b>      | <b>3.11</b> | <b>1.33</b> | <b>2.01</b> | <b>3.49</b> | <b>0.277</b> | <b>0.382</b> | <b>50.26</b>              | <b>16.74</b>              | <b>3.43</b>               | <b>3.37</b>              | <b>15.64</b>              |
| F değeri         | 40.45**     | 75.55       | 72.45*      | 4071*       | 66.74*       | 212.84**     | 34.07                     | 27.49*                    | 20.44*                    | 39.98                    | 132.99*                   |
|                  |             |             | *           | *           | *            |              | **                        | *                         | *                         | *                        | *                         |
| LSD (0.05)       | 0.16        | 2.05        | 0.13        | 0.21        | 0.020        | 0.036        | 3.47                      | 1.61                      | 0.23                      | 0.23                     | 1.11                      |
| Varyas. katsa(%) | 3.13        | 3.87        | 3.68        | 3.53        | 4.380        | 5.630        | 4.11                      | 5.71                      | 3.98                      | 3.97                     | 4.24                      |

\*\*: p&lt;0.001

## SONUÇ

Sonuç olarak özellikle düşük konsantrasyonda yapraktan veya topraktan OS uygulamaları lahanada fidelerinde bitki gelişimini olumlu olarak etkilediği tespit edilmiştir. OS uygulamalarının diğer sebzelerde de arazi koşullarında verim ve kalitesi üzerine etkisi araştırılmalıdır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

Merve Yüce: Denemenin kurulması, deneme kayıtlarının tutulması, verilerin alınması ve ölçüm, tartım vb. ile ilgili laboratuvar çalışmaları, istatistik değerlendirme

Güleray Açar: Sonuçların değerlendirilmesi, makalenin yazılması

Ertan Yıldırım: İstatistiksel analiz, sonuçların değerlendirilmesi, makalenin yazılması

## KAYNAKLAR

- Biröl, M., & Günel, E. (2022). Odun Sirkesinin Tarımda Kullanımı. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 596-608. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1004736>
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5, 1085-1121.
- De Guzman, R. S., & Cababaro, A. C. (2021). Utilization of wood vinegar as nutrient availability enhancer in eggplant (*Solanum melongena* L.). *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 2(6), 485-492. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.02.06.04>

- Dissatian, A., Sanitchon, J., Pongdontri, P., Jongrunklang, N., & Jothityangkoon, D. (2018). Potential of wood vinegar for enhancing seed germination of three upland rice varieties by suppressing malondialdehyde production. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 40(2), 371-380. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i2.1332>
- Guo, S., Awasthi, M. K., Wang, Y., & Xu, P. (2021). Current understanding in conversion and application of tea waste biomass: A review. *Bioresource Technology*, 338, 125530. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125530>
- Hussain, S., Anjali, K. P., Hassan, S. T., & Dwivedi, P. B. (2018). Waste tea as a novel adsorbent: a review. *Applied Water Science*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0824-5>
- Idowu, O., Ndede, E. O., Kurebito, S., Tokunari, T., & Jindo, K. (2023). Effect of the Interaction between Wood Vinegar and Biochar Feedstock on Tomato Plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 1599-1610. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01227-1>
- Khan, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., & Jan, I. U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of plant nutrition*, 41(4), 453-460. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1385807>
- Lashari, M. S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., & Yu, X. (2013). Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. *Field Crops Research*, 144, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.015>
- Lei, M., Liu, B., & Wang, X. (2018, March). Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L) seed germination. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 128 (1), 012186. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/128/1/012186>
- Liu, L., Guo, X., Wang, S., Li, L., Zeng, Y., & Liu, G. (2018). Effects of wood vinegar on properties and mechanism of heavy metal competitive adsorption on secondary fermentation-based composts. *Ecotoxicology and environmental safety*, 150, 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.037>
- Luo, X., Wang, Z., Meki, K., Wang, X., Liu, B., Zheng, H., Xiangwei, Y., & Li, F. (2019). Effect of co-application of wood vinegar and biochar on seed germination and seedling growth. *Journal of Soils and Sediments*, 19, 3934-3944. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02365-9>
- Ma, J., Islam, F., Ayyaz, A., Fang, R., Hannan, F., Farooq, M. A., Ali, B., Huang, Q., Sun, R., & Zhou, W. (2022). Wood vinegar induces salinity tolerance by alleviating oxidative damages and protecting photosystem II in rapeseed cultivars. *Industrial Crops and Products*, 189, 115763. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115763>
- Mirsoleimani, A., Najafi-Ghiri, M., Boostani, H. R., & Farrokhzadeh, S. (2023). Relationships between soil and plant nutrients of citrus rootstocks as influenced by potassium and wood vinegar application. *Journal of Soils and Sediments*, 23(3), 1439-1450. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03408-4>
- Mohd Amnan, M. A., Teo, W. F. A., Aizat, W. M., Khaidizar, F. D., & Tan, B. C. (2023). Foliar application of oil palm wood vinegar enhances *Pandanus amaryllifolius* tolerance under drought stress. *Plants*, 12(4), 785. <https://doi.org/10.3390/plants12040785>
- Mungkunkamchao, T., Kesmala, T., Pimratch, S., Toomsan, B., & Jothityangkoon, D. (2013). Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia horticulturae*, 154, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.020>
- Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, 26(8), 2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
- Pan, X., Zhang, Y., Wang, X., & Liu, G. (2017). Effect of adding biochar with wood vinegar on the growth of cucumber. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 61(1), 01214. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/61/1/012149>
- Sharma, T., Dreyer, I., Kochian, L., & Piñeros, M. A. (2016). The ALMT family of organic acid transporters in plants and their involvement in detoxification and nutrient security. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1488. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01488>
- Theapparatt, Y., Chandumpai, A., & Faroongsarng, D. (2018). Physicochemistry and utilization of wood vinegar from carbonization of tropical biomass waste. *Tropical Forests-New Edition*, 163-183. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77380>

- Vikram, N., Sagar, A., Gangwar, C., Husain, R., & Kewat, R. N. (2022). Properties of humic acid substances and their effect in soil quality and plant health. In *Humus and Humic Substances-Recent Advances*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105803>
- Wang, Y., Qiu, L., Song, Q., Wang, S., Wang, Y., & Ge, Y. (2019). Root proteomics reveals the effects of wood vinegar on wheat growth and subsequent tolerance to drought stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), 943. <https://doi.org/10.3390/ijms20040943>
- Win, K. T., Toyota, K., Motobayashi, T., & Hosomi, M. (2009). Suppression of ammonia volatilization from a paddy soil fertilized with anaerobically digested cattle slurry by wood vinegar application and floodwater management. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(1), 190-202. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2008.00337.x>
- Yanan, L. (2020, June). Research progress of humic acid fertilizer on the soil. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1549 (2), 022004. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1549/2/022004>
- Yang, J. F., Yang, C. H., Liang, M. T., Gao, Z. J., Wu, Y. W., & Chuang, L. Y. (2016). Chemical composition, antioxidant, and antibacterial activity of wood vinegar from *Litchi chinensis*. *Molecules*, 21(9), 1150. <https://doi.org/10.3390/molecules21091150>
- Zhu, K., Gu, S., Liu, J., Luo, T., Khan, Z., Zhang, K., & Hu, L. (2021). Wood vinegar as a complex growth regulator promotes the growth, yield, and quality of rapeseed. *Agronomy*, 11(3), 510. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030510>



## Şeftalide Farklı Dozlarda Putresin Uygulamasının Depolamada Meyve Kalitesi ve Biyokimyasal Bileşikler Üzerine Etkisi

The Effect of Different Doses of Putrescine on Fruit Quality and Biochemical Compounds at cold Storage in Peach

Emine Küçüker<sup>1</sup> , Erdal Ağlar<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 02.11..2023

Kabul Tarihi (Accepted): 07.03.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

Öz Klimakterik bir meyve türü olan ve hasattan sonra meyve hızlı bir şekilde bozulan şeftalide raf ömrü kısa ve hasat sonrası kayıplar yüksektir. Bu nedenle şeftalide hasat sonrası kaybı azaltmak ve raf ömrünü uzatmak temel hedeflerden birisidir. Bu amaç doğrultusunda yapılmış çalışmada, 2005 yılında Tokat Merkez Kemalpaşa köyünde şeftali çöğür anacı üzerine aşılı Monreo şeftali çeşidine ait ağaçlar ile kurulmuş bahçeden hasat edilen meyvelere hasat sonrası farklı dozlarda (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 mM) uygulanan putresinin depolama süresince meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içerik üzerine etkisi belirlenmiştir. Depolama süresinin uzaması ile birlikte artan ağırlık kaybı ve çürüme oranı putresin uygulanmış meyvelerde daha düşük bulunmuş ve uygulama konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Putresin uygulaması meyvede et sertliğinin korunmasında etkili olmuştur, ancak uygulama konsantrasyonunun etkisi olmamıştır. Depolamada suda çözünür kuru madde miktarında (SÇKM) oranında artış, titre edilebilir asitlik (TA) oranında ise azalma meydana gelmiştir ve SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişimler putresin uygulaması ile daha düşük bulunmuştur. Genel olarak, organik asitlerin, fenolik bileşikler, flavonoidler gibi polyphenol bileşiklerin konsantrasyonun ve antioksidant kapasitenin muhafaza edilmesinde putresin uygulamasının etkili olmuştur, ancak bu etki konsantrasyona ve bileşiğe bağlı olarak değişmiştir. Çalışma ile putresin uygulamasının şeftalide hasat sonu kalitenin muhafaza edilmesinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Ağırlık kaybı, fenolik bileşik, meyve eti sertliği, organik asit

&

**Abstract:** In peach, which is a climacteric fruit species and the fruit spoils quickly after harvest, the shelf life is short and post-harvest losses are high. Therefore, the reducing post-harvest loss and extending the shelf life of peaches is one of the main goals. In the study carried out for this purpose, putrescine was applied at different doses (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 mM) after harvest to the fruits harvested from the orchard established with trees of the Monreo peach cultivar grafted on peach seedling rootstock in Tokat Merkez Kemalpaşa village in 2005, and its effect on biochemical content and fruit quality during cold storage were determined. The weight loss and decay rate, which increased with the extension of the cold storage time, were lower in putrescine-treated fruit and varied depending on the application concentration. Putrescine application was effective in maintaining flesh firmness in fruit, but application concentration had no effect. During cold storage, there was an increase in soluble solids content (SSC) and a decrease in the titratable acidity (TA) ratio, and the changes in the SSC and TA rates were lower with the application of putrescine. In general, putrescine application was effective in maintaining the concentration and antioxidant capacity of polyphenol compounds such as organic acids, phenolic compounds, flavonoids, but this effect varied depending on the concentration and compound. The study revealed that putrescine application can be used to maintain post-harvest quality in peaches.

**Keywords:** Weight loss, phenolic compounds, fruit flesh firmness, organic acids

**Atıf/Cite as:** Küçüker, E., & Ağlar, E. (2024). Şeftalide farklı dozlarda putresin uygulamasının depolamada meyve kalitesi ve biyokimyasal bileşikler üzerine etkisi Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 23-38. doi: 10.24180/ijaws.1385187

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Etik:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Prof. Dr. Emine Küçüker, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü-Siirt. emine.kucuker@siirt.edu.tr

<sup>2</sup> Doç. Dr. Erdal Ağlar, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü-Van erdalaglar@hotmail.com (Sorumlu yazar/ Corresponding author)

## GİRİŞ

Aroması, tadı ve duyuşsal özellikleri ile tüketicilerin tercihlerini etkileyen şeftali (Aubert vd., 2019), organik asitler, vitaminler ve antosiyaninler gibi biyoaktif bileşikler içeriği ile insan sağlığı açısından da önemli bir meyve türüdür (Ramina vd., 2008). Bununla birlikte klimakterik bir meyve türü olan şeftalide, olgunlaşma sırasında etilen üretimi ve solunum hızındaki artış ile hasattan sonra meyve hızlı bir şekilde bozulur, kalite özelliklerinde ve antioksidan aktivitede önemli değişiklikler meydana gelir (Tonutti vd.,1997). Dolayısıyla şeftalide raf ömrü kısa ve hasat sonrası kayıplar yüksektir. Bu nedenle, şeftali sektöründe temel hedef meyvede hasat sonrası kaybını azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için etkili bir yöntem geliştirmektir. Oda sıcaklığında hızlı olgunlaşma ve yumuşama nedeniyle çok çabuk bozulabilen şeftalide, soğutma, olgunlaşma ve çürüme sürecini geciktirmenin ve hasat edilen şeftalilerin raf ömrünü uzatmanın iyi bilinen etkili yoludur (Wang vd., 2019). Bununla birlikte, şeftali meyvesi, 2°C ile 8 °C arasındaki sıcaklıklarda uzun süreli depolandığında hücre metabolizmasının bozulmasına sebep olan üşüme zararına karşı oldukça hassastır (Crisosto vd. 1999). Meyvelerde, hasat sonrası üşüme zararını engellemek ve meyve kalite kayıplarını minimize etmek için modifiye atmosfer paketlenme (Chiabrando ve Giacalone, 2009), yenilebilir kaplama (Totad vd., 2019), ışınlama, acibenzolar-S-metil uygulamaları (Ge vd., 2019) gibi çok farklı uygulamalar yapılmaktadır. Canlı organizmalarda temel işlevleri olan putresin spermidin ve spermin gibi poliaminler (Mattoo ve Handa, 2008) bitkilerde hücre bölünmesi, hücre uzaması, embriyogenez, kök oluşumu, çiçek oluşumu ve gelişimi, meyve gelişimi ve olgunlaşması, polen tüpü büyümesi ve yaşlanması ve biyotik ve abiyotik strese tepki gibi birçok biyolojik süreçte rol oynamaktadır. (Janne vd., 2004). Meyvede membran bütünlüğünü koruyan ve kabuktan su alışıverişinde önemli rol oynayan epikutiküler mumların uzaklaştırılmasını geciktiren putresin depolama süresini ve raf ömrünü uzatmak için kullanılabilir. Bu düşünceden hareketle planlanmış olduğumuz çalışmada amaç hasat sonrası farklı dozlarda uygulanan putresinin şeftalide depolama süresince meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içerik üzerine etkisini belirlemektir.

## MATERYAL VE METOT

Bu araştırmanın bitkisel materyalini, 2005 yılında Tokat Merkez Kemalpaşa köyünde şeftali çöğür anacı üzerine aşılı Monreo şeftali çeşidine ait ağaçlar ile kurulmuş bahçeden hasat edilen meyveler oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan ağaçlar kuzey- güney doğrultusunda sıra arası 5.0 m, sıra üzeri 5.0 m olacak şekilde dikilmiş ve ağaçlar modifiye lider sistemine göre terbiye edilmiştir. Ağaçlarda budama ve diğer kültürel işlemler (ilaçlama, gübreleme vs.) düzenli olarak yapılmıştır. Sulama ihtiyacı toprak nem içeriği takip edilerek, tarla kapasitesi nem içeriğinde damla sulama sistemi ile yürütülmüştür. 2023 yılında yapılan çalışma, 3 blok ve her bir blokta 3 ağaç toplamda ise 9 ağaç olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu amaçla 9 ağacın her birinden tesadüfen 50 adet toplamda ise 450 adet kusursuz ve sağlıklı meyve elle hasat edilerek soğutmalı bir araçla derhal Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Hasat Sonrası Laboratuvarı'na transfer edilmiştir (12 ± 1.0 ° C ve 75 ± 5.0% RH). 50 adet meyve hasat dönemi analiz ve ölçümleri için kullanılırken, geriye kalan 400 meyve beş uygulama (kontrol, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 mM) her uygulama için 80 meyve olacak şekilde gruplara ayrılmıştır. Bir grup kontrol grubu, diğer dört gruba ait meyveler farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış olan putresin çözeltisi içine 15 dakika daldırılmıştır. Her uygulama için hasat sonrası farklı dönemlerde yapılacak analiz ve ölçümlerde kullanılmak üzere birer kg lık 3 plastik kap içine konularak 0 ± 0.5 °C ve 90 ± 5% oransal nemde depolanmış ve 10. 20. ve 30. günlerde bu meyvelerde analiz ve ölçümler yapılmıştır.

### *Ağırlık Kaybı (%)*

Soğuk depolama başlangıcında meyvelerin başlangıç ağırlıkları (İA) 0.01 g hassasiyetinde dijital terazi (Radwag, Polonya) ile belirlenmiştir. Daha sonra depolamanın 10., 20. ve 30. günlerinde nihai ağırlıklar (SA) belirlenmiştir. Meyvelerde meydana gelen ağırlık kaybı her ölçüm periyodu başlangıcındaki ağırlık esas alınarak aşağıda verilen denklem 1 ile yüzde olarak belirlenmiştir.

$$\text{Ağırlık kaybı} = \frac{\dot{I}A - SA}{\dot{I}A} \quad (1)$$

#### **Çürüme Oranı (%)**

Soğukta muhafaza edilmeden önce her tekerrürde meyveler (yaklaşık 0.5 kg meyve) sayılarak toplam meyve sayısı (TM) belirlenmiştir. Daha sonra her ölçüm periyodunda her tekerrürdeki çürük meyveler (ÇM) belirlenmiştir. Kabukta misel gelişimi meydana gelmişse, meyvenin çürük olduğu kabul edilmiştir. Son olarak aşağıdaki denklem 2 ile çürüme oranı % olarak tespit edilmiştir.

$$\text{Çürüme oranı} = \frac{TM - \dot{C}M}{TM} \times 100 \quad (2)$$

#### **Meyve Eti Sertliği**

Meyve eti sertliğini belirlemek için her tekerrürden beş meyve kullanılmıştır. Meyve kabuğu, meyvenin ekvatorial kısmı boyunca iki farklı noktadan (yanaklardan) kesilmiş ve 7.9 mm delici uçlu bir effegi penetrometresi (FT-327; McCormick, WA, ABD) kullanılarak sertlik belirlenmiştir. Sertlik Newton (N) olarak belirtilmiştir.

#### **Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (%) ve Titredilebilir Asitlik (%)**

Her tekerrürden beş meyve distile su ile yıkanmıştır. Meyveler blender ile (Promix HR2653, Philips, Türkiye) parçalanmış ve homojenize edilmiş ve homojenat tülbentten süzülerek meyve suyu elde edilmiştir. Suda çözünür kuru madde miktarı, dijital bir refraktometre (Atago PAL-1, ABD) ile belirlenmiş ve yüzde (%) olarak kaydedilmiştir. pH, pH metre ile belirlenmiştir. Titre edilebilir asitlik ölçümü için 10 mL meyve suyuna 10 mL distile su ilave edilmiştir. Daha sonra çözeltinin pH'ı 8.2'ye ulaşana kadar 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilmiştir. Titrasyonda tüketilen NaOH miktarına göre titre edilebilir asitlik belirlenerek g malik asit kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

#### **Toplam fenolik Bileşikler ve Antioksidan Kapasite**

Her ölçüm periyodunda her tekerrürden alınan beş meyve ilk önce distile su ile yıkanmıştır. Meyveler blender (Promix HR2653 Philips, Türkiye) ile homojen hale getirilmiştir. Yaklaşık 30 mL homojenat alınarak 50 ml'lik falkon tüpüne yerleştirilmiştir. Hazırlanan tüpler analiz zamanına kadar -20 C'de muhafaza edilmiştir. Analizlerden önce dondurulmuş numuneler oda sıcaklığında (21 °C) çözülmüştür. Posa ve meyve suyu 12.000xg'de 4 °C'de 35 dakika santrifüj edilerek birbirinden ayrılmıştır. Ortaya çıkan çözelti, toplam fenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılmıştır. Toplam fenolikler ve antioksidan kapasiteye yönelik spektrofotometrik ölçümler UV-Vis spektrofotometresi ile (Shimadzu, Kyoto, Japonya) yapılmıştır.

#### **Organik Asitler**

Meyve örneklerinde organik asitlerin ekstraksiyonu Bevilacqua ve Califano (1989) tarafından bildirilen yöntemin modifikasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Santrifüj tüplerine 10 g örnek alınarak üzerine 10 mL 0.009 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenerek homojen hale getirilmiştir. Numuneler 1 saat karıştırılmış ve 14.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüpünün üst kısmında kalan sıvı (süpernatant) filtre kâğıdından süzülerek, ardından 0.45 µm membran filtreden ve son olarak SEP-PAK C18 kartuşundan geçirilmiştir. HPLC (Agilent HPLC 1100 series G 1322 A, Almanya) cihazına enjekte edilerek uygun kolon (Aminex HPX - 87 H, 300 mm x 7.8 mm) üzerinde ayırmalar yapılmıştır. Organik asitler 214 ve 280 nm dalga boylarında belirlenmiştir. Mobil faz olarak 0.009 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi kullanılmıştır.

#### **Bireysel Fenolik Bileşikler**

Homojen olarak seçilen taze meyve örnekleri 1 gram tartılarak metil alkol (5 mL) ile test tüpünde 6 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Ekstrakt, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (Perkin-Elmer serisi 200,



Norwalk, ABD) ile analiz edilmiştir. HPLC sistemi UV dedektörü (Seri 200, UV/Vis dedektörü) ve kuaterner solvent dağıtım sistemi (Seri 200, analitik pompa) ile donatılmış ve 280 nm'de kullanılmıştır. Analizler bir Phenomenex Kromasil (Phenomenex, Torrance, ABD) 100A C18 (250 mm x 4.60 mm, 5 µm) kolonu ile ayrılmıştır. Klon sıcaklığı, bir su banyosu (Wisebath, WB-22, Daihan Scientific, Seul, Kore) kullanılarak 26 °C'de tutulmuş ve mobil faz su ve %2.5 formik asit içeren asetonitrilden oluşturulmuştur. Mobil faz akış hızı dakikada 1 mL'de tutulmuş ve elde edilen pik alanlarının sonuçları ışığında 20 µL numune enjekte edildi ve g 100g<sup>-1</sup> cinsinden ifade edilmiştir.

### İstatistiksel Analizler

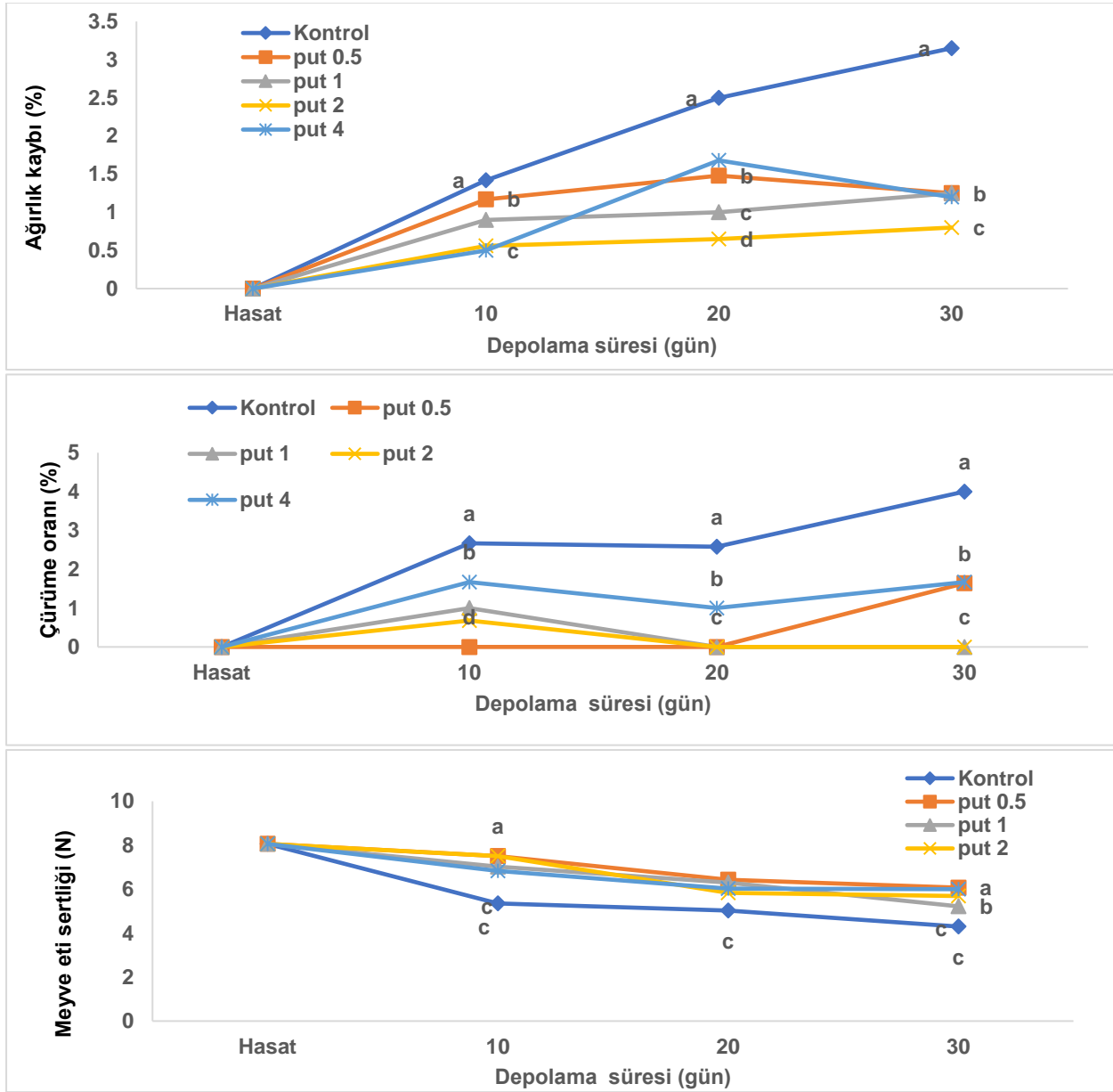
Verilerin normalliği Kolmogorov-Smirnov testiyle, varyansların homojenliği ise Levene testiyle doğrulanmıştır. (P>0.05). Bu nedenle Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Veriler, SAS Versiyon 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) yazılımıyla iki yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. F testi anlamlı olduğunda ortalamalar Tukey aralık testiyle karşılaştırılmıştır ve anlamlılık düzeyi %5 olarak belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Ağırlık Kaybı, Meyve Eti Sertliği ve Çürüme Oranı

Meyvede solunum ve terleme gibi metabolik değişiklikler sonucu meydana gelen ağırlık kaybı meyvenin hasat sonrası depolama ömrünü belirleyen önemli bir parametredir ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Jiang vd., 2018). Meyvelerde depolama süresinin uzaması ile ağırlık kaybı artar (Rastegar vd., 2020). Bu açıklama ile uyumlu olarak çalışmada, depolama süresinin uzaması ile birlikte meyvede ağırlık kaybının arttığı, kontrol uygulamasında bu artışın daha düzenli ve fazla olduğu görülmüştür (Şekil 1). Yapılan çalışmalarda depolama süresinin uzaması ile mango (Liu vd., 2020; Rastegar vd., 2020) erik (Yan vd., 2022), muz (Hu vd., 2017), kiraz (Tijero vd., 2019), çilek (Liu vd., 2018) ve şeftali (Gao vd., 2016) gibi meyve türlerinde ağırlık kaybında bir artış olduğu ve bu artışın poliamin uygulaması ile daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Meyvelerde yaşlanmayı geciktiren poliaminler olgunluk ilerledikçe azalır ve bu durum meyvelerin dokusal özelliklerini ve depolanabilme süresini olumsuz olarak etkiler (Patel vd., 2019). Bununla birlikte, depolamada meydana gelen ağırlık kaybı, hücre duvarının bozulmasını geciktiren (Wang vd., 2019) ve meyvede solunum düşüklüğüne neden olan melatonin ve putresin gibi poliaminlerin (Onik vd., 2020; Rastegar vd., 2020) kullanımı ile azaltılabilmektedir. Nitekim Fawole vd. (2020), putresin uygulaması dokuların geçirgenliğini ve hücre bütünlüğünü konsilide ederek meyvelerde ağırlık kaybını azalabileceğini ileri sürmüştür. Bu durumu göz önünde bulundurarak hasat sonrası ömrü uzatmak için yapmış olduğumuz çalışmada, putresin uygulamasının depolamada meydana gelen ağırlık kaybını azalttığı ve uygulama dozuna bağlı olarak etkide farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. 2.0 mM uygulaması ile en düşük ağırlık kaybı kaydedilirken, diğer üç putresin uygulama dozu arasında fark bulunamamıştır. Benzer şekilde Kibar vd. (2021), şeftalide putresin uygulamasının, depolama boyunca şeftali meyvelerinin ağırlık kaybını azalttı, bunun nedeni, putresin uygulanmış meyvelerdeki daha düşük solunum hızı olabileceğini bildirmiştir. Meyvede olgunluk ilerledikçe pektin maddeler, hemiselüloz ve selüloz gibi hücre duvarı bileşenlerinin parçalanması (Wang vd., 2015) ve hücredeki turgor basıncının düşmesi sonucu (Mannozi vd., 2018) azalan meyve eti sertliği meyvenin depolanabilme potansiyelini belirleyen önemli bir kalite parametresidir (Cheng vd., 2020; Öztürk vd., 2012). Meyvede pazarlama ve hasat sonrası süreçlerde önemli etkisi olan meyve eti sertliği, olgunlaşmanın ilerlemesi ile birlikte azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda depolama süresi ile orantılı olarak hünnap (Öztürk vd., 2020; Öztürk vd., 2021), portakal (Rasouli vd., 2019) nar (Candır vd., 2018), kiraz (Koç Güler vd., 2019) karayemiş (Öztürk vd., 2019) incir (Bahar ve Lichter, 2018) gibi meyve türlerinde meyve eti sertliğinde yumuşamanın meydana geldiği bildirilmiştir. Depolama süresinin uzaması ile meyve eti sertliğinde yumuşamanın meydana geldiği ve kontrol uygulaması ile daha düşük meyve eti sertlik değerlerinin ölçüldüğü görülmüştür. Putresin uygulamasının depolamada meyve eti sertliğinin korunmasında etkili olduğu ve bu etkinin uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda meyve eti sertlik değerleri bakımından 0.5, 2.0 ve 4.0 mM putresin uygulamaları arasında farklılık bulunmazken en yüksek meyve eti sertliği bu uygulamalar ile ölçülmüştür. 1.0 mM putresin uygulanmış meyvelerin et sertliği kontrol uygulamasından yüksek ancak diğer üç putresin uygulamasından daha düşük bulunmuştur (Şekil 1). Meyvede hücre duvarı geçirgenliğini değiştirerek olgunlaşmayı geciktiren poliaminlerin hasat sonrası

meyve eti sertliğinin korunmasına katkı sunmaktadır. Yapılan çalışmalarda putresin uygulaması ile erik (Khan vd., 2008; Serrano vd., 2003), şeftali (Kaur ve Kaur, 2019, Kibar vd., 2021) ve papaya (Hanif vd., 2020) gibi meyve türlerinde meyve eti sertlinin muhafaza edildiği bildirilmiştir. Çalışmada, depolama süresi ile paralel olarak meyvede çürüme oranı artmıştır. Depolama sonunda en yüksek çürüme oranı kontrol uygulaması ile kaydedilmiştir. Putresin uygulaması ile meyvelerde çürüme oranının daha düşük olduğu ve bu oranının uygulama konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Putresin uygulamaları kıyaslandığında 0.5 ve 4.0 mM uygulamalarında diğer putresin uygulamalarına göre daha yüksek çürüme oranı kaydedilirken en etkili uygulama dozlarının ise 1.0 ve 2.0 mM olduğu görülmüştür (Şekil 1). Anti-patojenik özellikleri olan putrescine ve spermidine gibi poliaminlerin hasat sonrası depolamada meyvelerde çürümeyi ve üşüme zararını önemli ölçüde azaltmaktadır (Hanif vd, 2020). Yapılan çalışmalarda, poliamin uygulamaları ile şeftali (Kibar vd., 2021), nar (Barman vd., 2011), kayısı (Koushesh Saba vd., 2012) ve papaya (Hanif vd., 2020) gibi meyve türlerinde depolamada çürüme ve üşüme zararının daha düşük olduğu ve meyve kalitesinin korunduğu tespit edilmiştir.

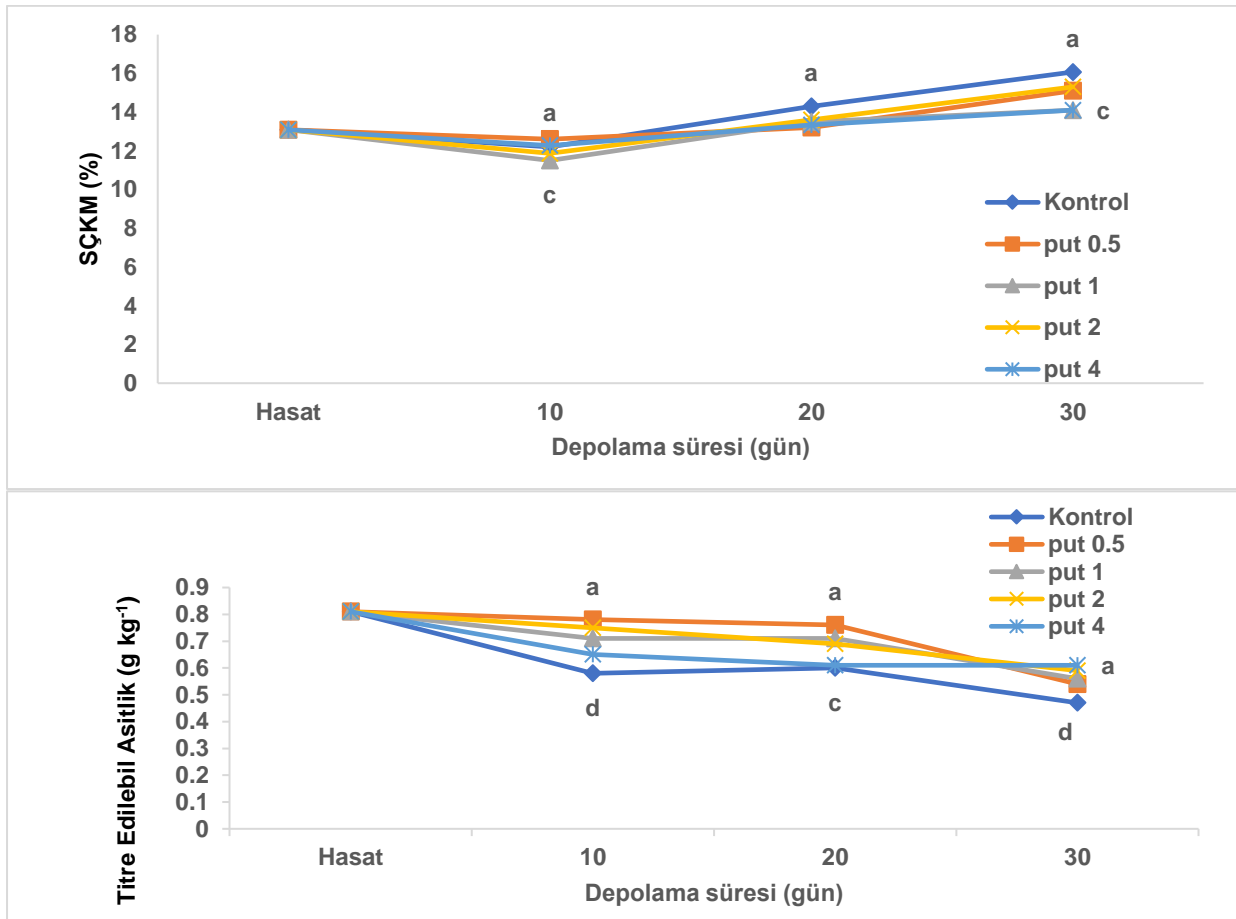


Şekil 1. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada ağırlık kaybı, çürüme oranı ve meyve eti sertliği üzerine etkisi.

Figure 1. Effect of putrescine application on weight loss, decay rate and fruit flesh firmness in peach at cold storage.

**Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (SÇKM) ve Titredilebilir Asitlik (TA)**

Meyvede hasat olgunluğunun kriterlerinden olan suda çözünür kuru madde miktarı ve titre edilebilir asitlik meyvenin kalitesini ve tüketici tarafından kabul edilebilirliğini belirlemede etkili olan meyve özellikleridir. Depolama süresinin uzaması ile birlikte meyvede olgunlaşmanın artışı nedeniyle doğal olarak SÇKM artar ve TA azalır (Molla vd., 2022). Depolama sırasında meyvede SÇKM de meydana gelen artış dehidrasyona bağlı olarak hücre duvarı polisakaritlerinin hidrolizi ve basit şekerlerdeki artıştan kaynaklanabilir (Sun vd., 2013). Çalışmada, depolama süresi ile orantılı olarak SÇKM oranında artış ve TA ise azalma meydana gelmiştir (Şekil 2). Benzer olarak Rastegar vd. (2020) Mango meyvesinin SÇKM ve TA oranlarının depolama sürelerinden önemli ölçüde etkilendiğini en düşük asitlik ve en yüksek SÇKM değerlerinin depolama sonunda kaydedildiğini bildirirken, poliamin uygulamalarının depolamada SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişiklikler üzerine etkisinin olmadığını bildirmiştir. Depolamada SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişimlerin melatonin uygulaması ile daha düşük olduğu görülmüştür. Depolama sonunda putresin uygulanmış meyvelerin daha düşük SÇKM ve daha yüksek TA oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitlerle putresin uygulamasının meyvede olgunlaşmayı geciktirebileceği ve etkinin konsantrasyona bağlı olarak değişebileceği sonucunu çıkarabiliriz (Şekil 2) Meyvede etilen üretimini azaltarak olgunlaşmayı geciktiren putresin hasat sonrası SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişimleri de azaltmaktadır (Serrano vd., 2003). Yapılan çalışmalarda putresin uygulaması ile erik (Serrano vd., 2003), şeftali (Abbasi vd., 2019; Kaur ve Kaur, 2019; Kibar vd., 2021) ve papaya (Hanif vd., 2020) gibi meyve türlerinde hasat sonrası depolamada SÇKM ve TA oranlarındaki değişimin daha düşük olduğu ileri sürülmüştür.

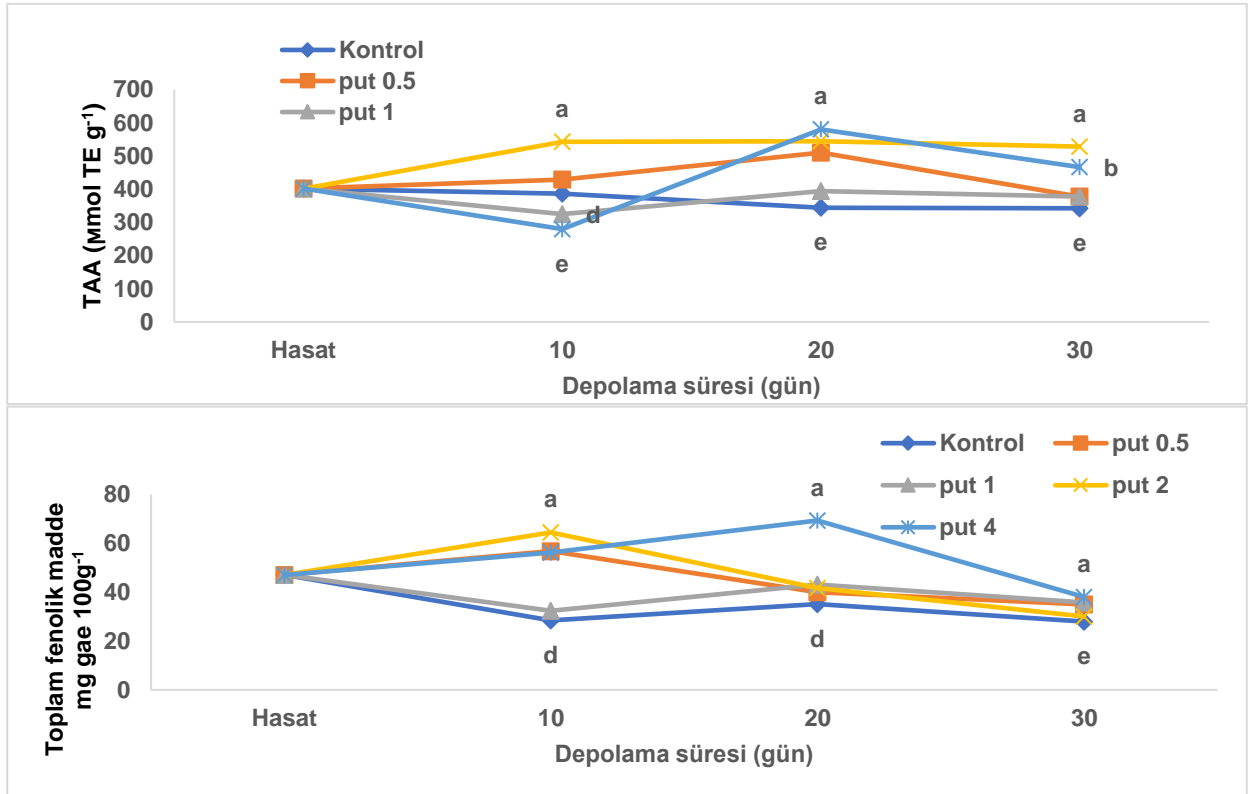


Şekil 2. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada suda çözünür kuru madde miktarı ve titre edilebilir asitlik üzerine etkisi.

Figure 2. Effect of putrescine application on soluble solids content and titratable acidity in peach at cold storage.

**Toplam Fenolik Bileşikler ve Toplam Antioksidan Kapasite**

Meyvelerde en önemli antioksidan bileşenleri olan ve hasat sonrası depolamada genetik faktörlere sıcaklığa ve çevresel şartlara bağlı olarak değişebilen fenolik bileşikler (Xing vd., 2020) depolama süresinin uzaması ile ayrılarak aşamalı olarak azalır (Yu vd., 2021). Depolama süresi ve putresin uygulama dozuna bağlı olarak meyvede toplam fenolik içeriğinde değişikliklerin meydana geldiği ancak etkide tutarsızlıkların olduğu tespit edilmiştir. Öyle ki depolamanın 10. gününde 0.5, 2.0 ve 4.0 mM putresin uygulamaları ile hasada oranla daha yüksek toplam fenolik miktarı ölçülürken kontrol ve 1.0 mM putresin uygulanmış meyvelerde toplam fenolik içeriğinin hasat sırasında ölçülenden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sürede en yüksek toplam fenolik miktarı 2.0 mM putresin uygulanmış meyvelerde kaydedilmiştir. Depolamanın 20. gününde ise 4.0 mM putresin uygulanmış meyvelerde toplam fenolik miktarında hasada oranla daha yüksek olduğu diğer uygulamalarda ise hasada oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Uygulamalar arasında farklılıkların olduğu belirlenirken, en düşük değerler ise kontrol uygulamasına ait meyvelerde elde edilmiştir. Depolama sonunda tüm uygulamalarda hasada oranla daha düşük toplam fenolik miktarı ölçülürken en düşük değerler kontrol uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 3). Depolamada süresine ve uygulamalara bağlı olarak değişiklik gösteren toplam antioksidan kapasite değerleri üzerine putresin uygulaması etkili olurken, uygulama dozuna bağlı olarak toplam antioksidan aktivitede değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda 4.0 mM putresin uygulanmış meyvelerin daha yüksek toplam antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilirken, kontrol uygulamasına ait meyvelerde en düşük değerler kaydedilmiştir (Şekil 3). Davarynejad vd. (2015) erikte depolama süresince erik meyvelerinin toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite üzerine putresin uygulamasının etkili olduğu belirlenmiş, uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği ve etkili uygulama dozunun ise 4.0 mM olduğunu bildirmiştir. Yine Kibar vd. (2021), putresin uygulaması ile şeftalide hasat sonrası toplam fenolik ve antioksidan aktivitede meydana gelen değişikliğin daha düşük olduğu ve 1.6 mM putresine uygulamasının daha etkili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

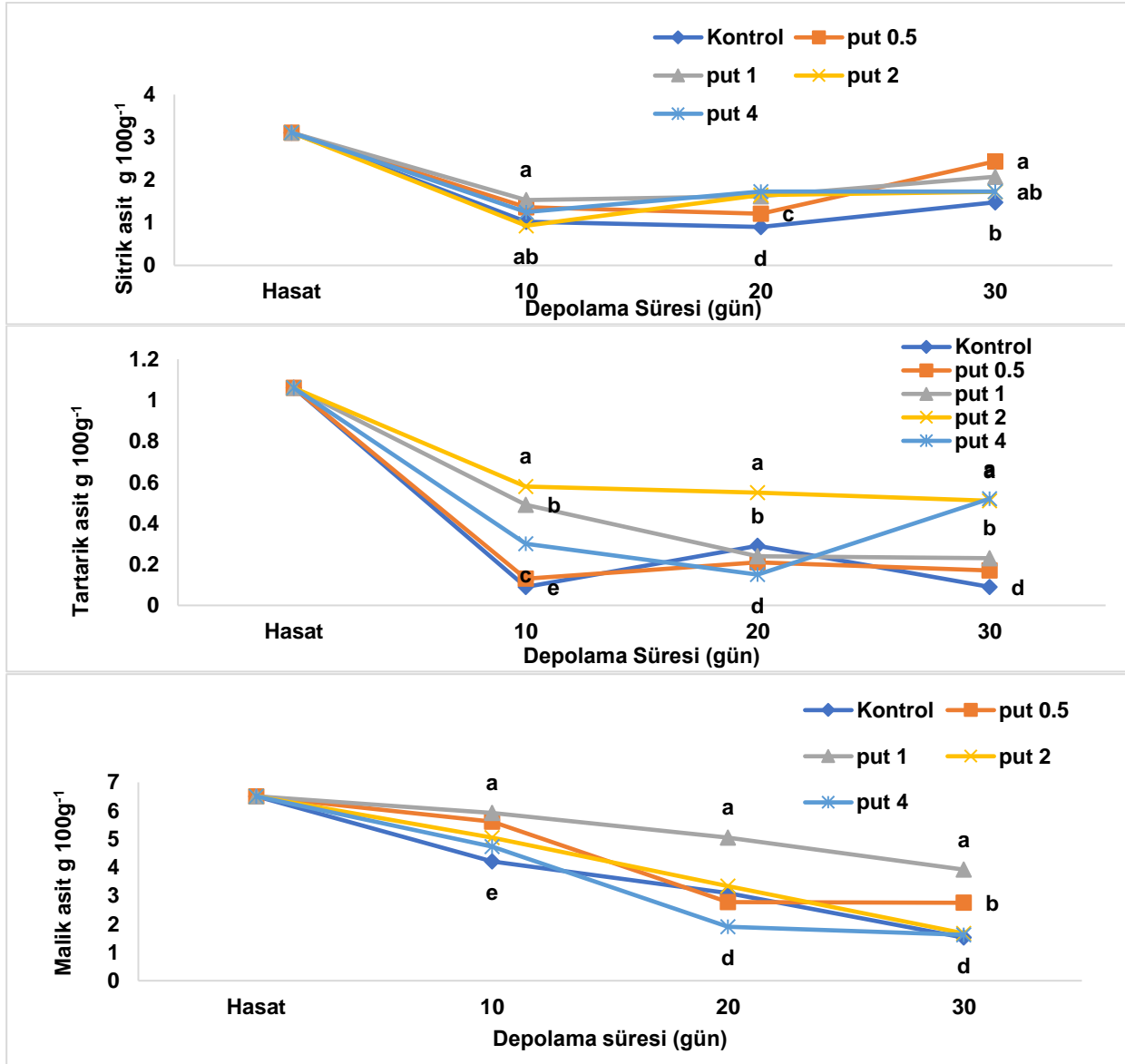


Şekil 3. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada toplam antioksidan aktivite (TAA) ve toplam fenolik madde üzerine etkisi.

Figure 3. Effect of putrescine application on total antioxidant activity and total phenolics in peach at cold storage.

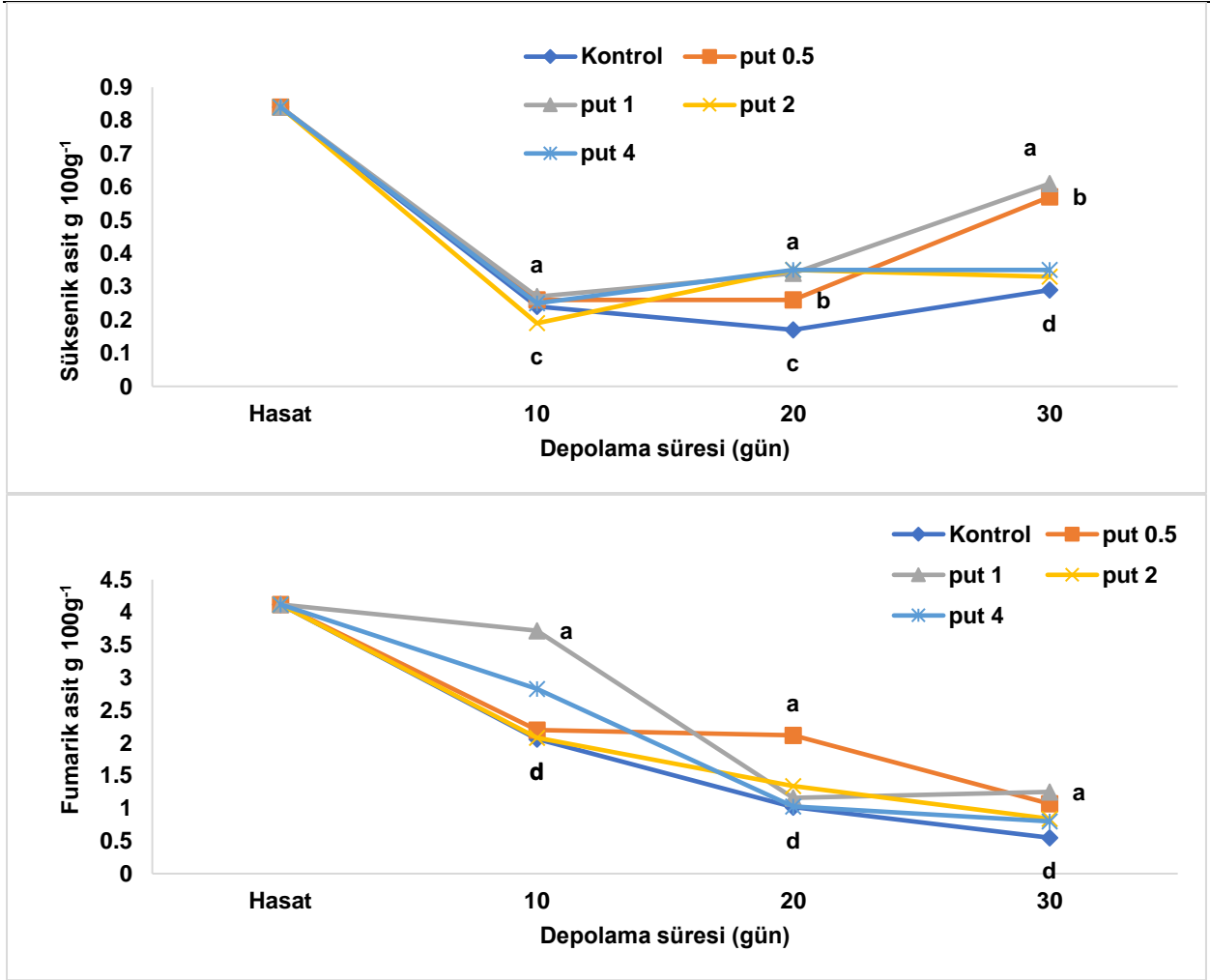
### Organik Asitler

Besinlerin sindirimini sağlayan ve kan dolaşımını uyaran ve meyve türlerine bağlı olarak türü ve içeriği değişiklik gösterebilen organik asitler önemli meyve kalite parametreleridir ve olgunluk arttıkça azalır (Kıralan ve Gündoğdu, 2021). Çalışmada, miktar bakımından şeftalide en fazla malik asit bulunurken, bunu fumarik, sitrik, tartarik ve suksinik asit takip etmiştir. Meyve olgunluğunun artması ile birlikte, doğal olarak organik asit miktarında azalmalar meydana gelmiştir. Depolamada organik asitlerin miktarında meydana gelen değişikliklerde putresin uygulaması etkili olurken ve bu etkinin organik asidin türüne ve depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Depolama sonunda tüm organik asitlerde en düşük değerler ise kontrol uygulanmasına ait meyvelerde kaydedilmiştir. Putresin uygulamasının depolama süresince organik asitlerin konsantrasyonda meydana gelen azalmayı yavaşlattığı söylenebilir (Şekil 4). Benzer çalışmalarda (Liu vd., 2020; Tijero vd., 2019) melatonin uygulaması ile depolamada meyvede organik asit içeriğinin önemli bir şekilde korunduğu ortaya koyulmuştur.



Şekil 4. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada organik asitler üzerine etkisi.

Figure 4. Effect of putrescine application on organic acids during cold storage in peach.

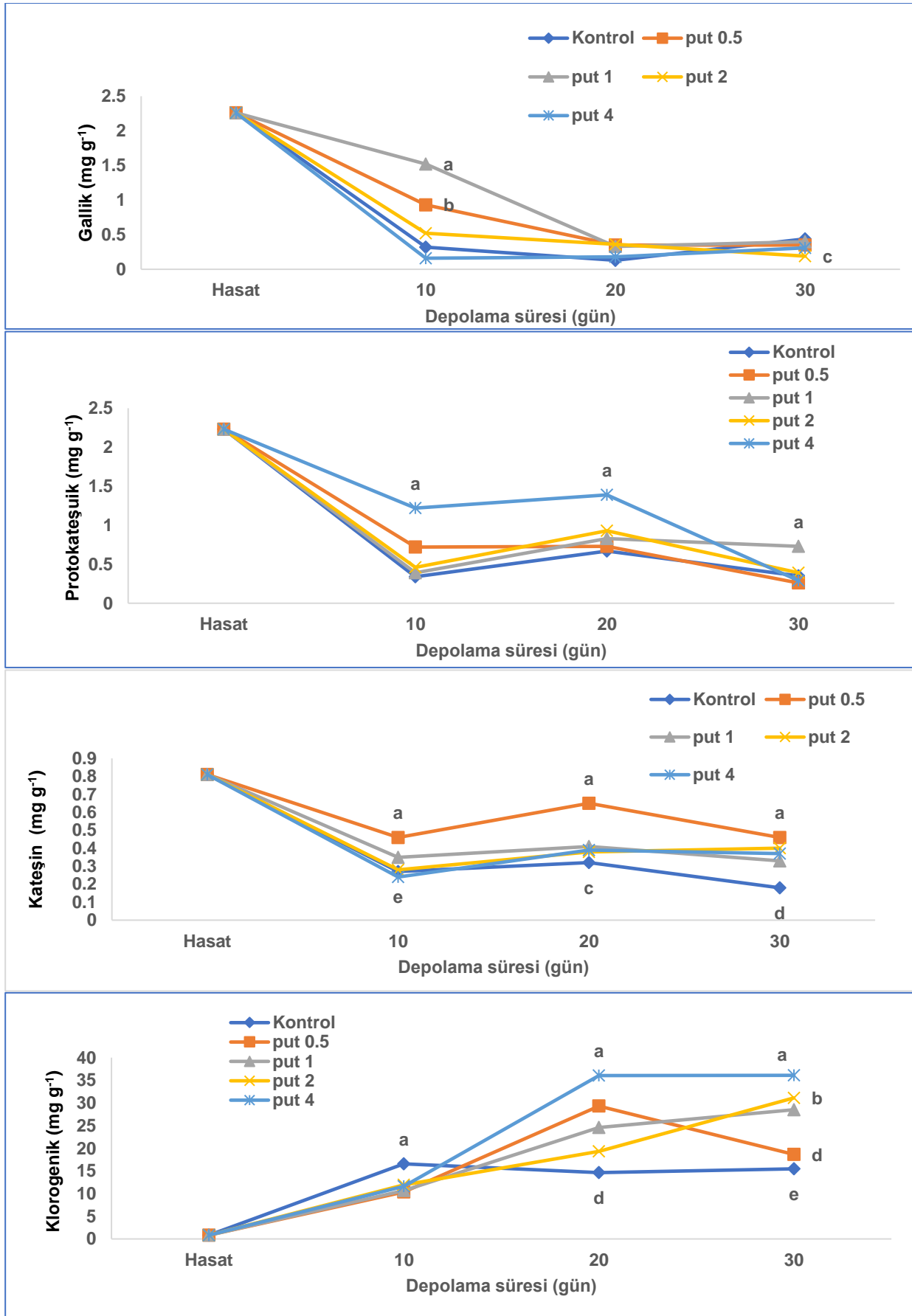


Şekil 4. Devamı.

Figure 4. Continue.

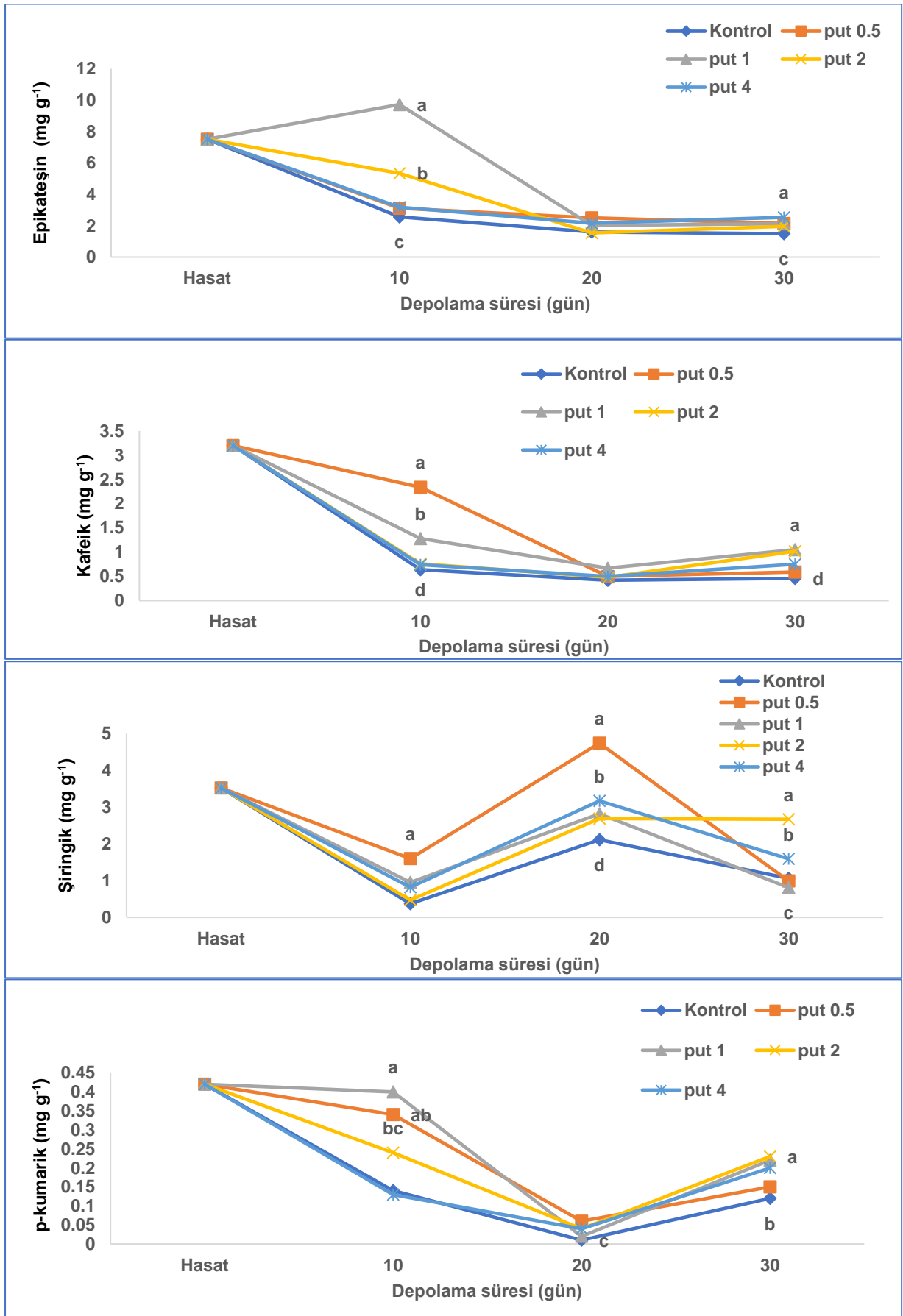
### Bireysel Fenolik Bileşikler

Polifenoller, meyve ve sebzelerin sertlik, lezzet, acılık ve renk gibi kalitesini ve antioksidan özelliklerini artıran ve bitkinin savunma mekanizmasına katkıda bulunan ikincil metabolitlerdir (Sreekumar vd., 2014). Bitkilerde reaktif oksijen türlerini uzaklaştıran ve antioksidan enzimlerin gen ekspresyonunu indükleyen melatonin, spemidin ve putresin gibi poliaminler, meyvede sakaroz, doğal antioksidanlar, fenolikler, aroma bileşikler, polifenoller ve çözünür katılar gibi bazı yararlı bileşiklerin seviyesini artırarak meyve kalitesini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Cao vd., 2016; Liu vd., 2019; Sun vd., 2015; Xia vd., 2020; Xu vd., 2018; Zheng vd., 2019). Poliamin uygulaması hasat sonrası meyvelerde amino asitler, antosiyaninler, fenoller, flavonoidler gibi bileşiklerin içeriğinde artışa neden olabilir (Pang vd., 2020; Wang vd., 2020; Xia vd., 2020). Çalışmada, şeftalide miktar olarak en fazla bulunan bireysel fenolik klorojenik asit iken bunu sırasıyla rutin, epikateşin, ferrulik asit, şiringik asit, kafeik asit, hidrosinamik asit, gallik asit, protokatekuik asit, kateşin ve p-kumarik asit takip etmiştir. Depolama süresinin uzaması ile bu bireysel fenolik bileşiklerin miktarı azalmıştır. Hem depolama süresince hem de depolama sonunda fenolik asitlerin miktarında meydana gelen azalma putresin uygulanmış meyvelerde daha düşük bulunmuştur. Hasat sonrası fenolik asitlerin muhafaza edilmesinde putresinin ve uygulama konsantrasyonunun etkili olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda tüm bireysel fenoliklerde en düşük değerlerin kontrol uygulamasına ait meyvelerde olduğu görülmüştür (Şekil 5). Kibar vd. (2021), şeftalide bireysel fenolik içeriklerinin depolama süresince azaldığı ve putresin uygulamasının bu bileşiklerde kaybı önlediği ve etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Putresin uygulaması meyvede etilen sentezini engelleyerek meydana gelecek biyokimyasal değişiklikleri geciktirmektedir (Abbasi vd., 2019).



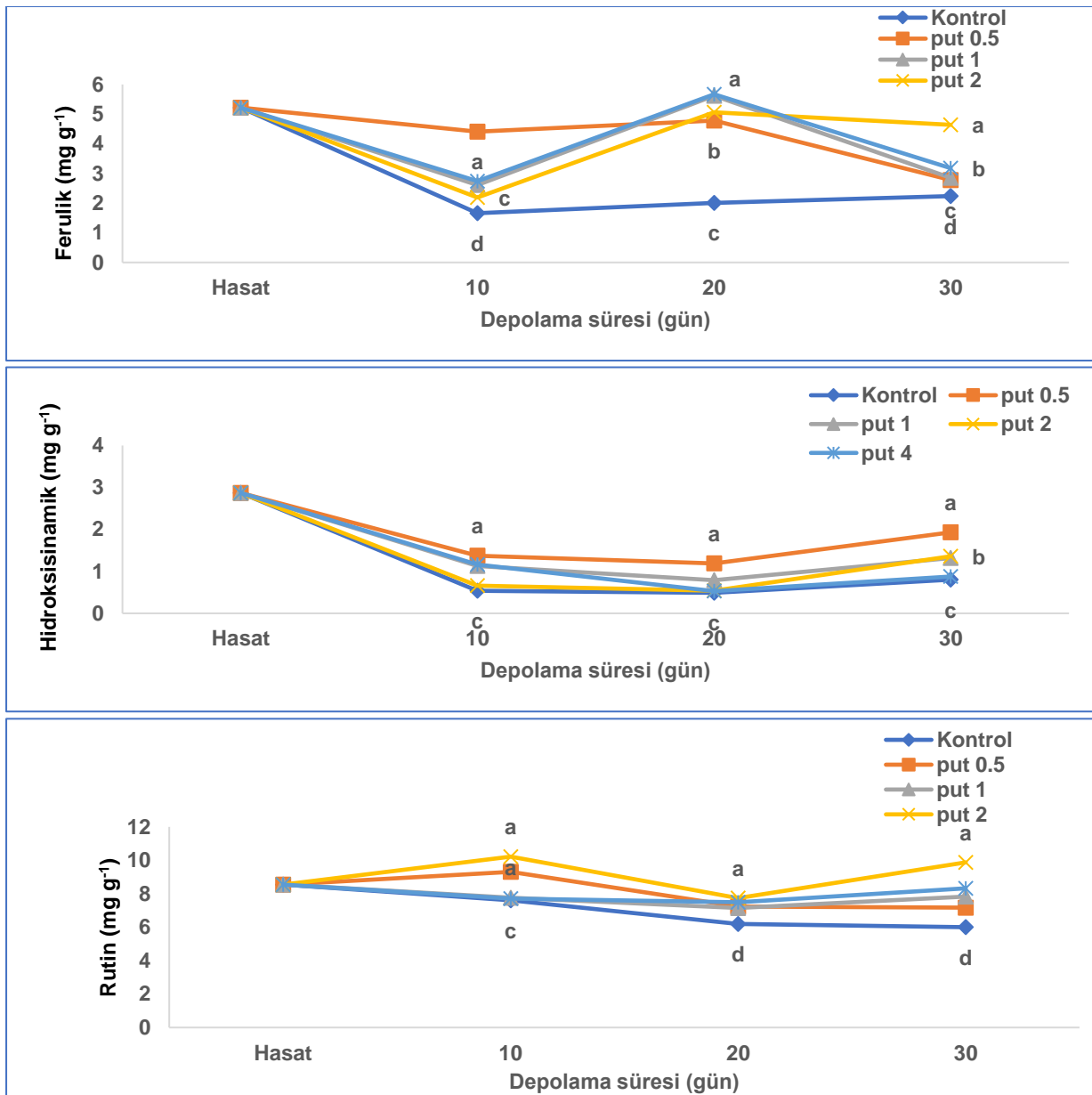
Şekil 5. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada bireysel fenolikler üzerine etkisi.

Figure 5. Effect of putrescine application on specific phenolic compounds during cold storage in peach.



Şekil 5. Devamı.  
Figure 5. Continue.





Şekil 5. Devamı.

Figure 5. Continue.

## SONUÇ

Putresin uygulaması şeftalide depolamada meydana gelen ağırlık kaybını ve çürüme oranını azaltırken, meyvede yumuşamayı geciktirmiştir. Depolama süresi ve putresin uygulama dozuna bağlı olarak SÇKM oranında önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Putresin uygulaması ile depolamada şeftali meyvesinde TA oranında meydana gelen azalma daha düşük bulunmuştur. Depolama süresince genellikle azalan toplam fenolik miktarda putresin uygulamasının etkili olduğu ancak bu etkide tutarsızlıklar olduğu gözlemlenmiştir. Toplam antioxidant activity değerleri üzerine putresin uygulaması etkili oldu ve uygulama dozuna bağlı olarak toplam antioksidant aktivitede değişiklikler meydana gelmiştir. Putresin uygulamasının depolama süresince bireysel fenolik bileşikler üzerine etkisinin olduğu ancak bu etkinin uygulama konsantrasyonu ve flavonoid bileşiğe bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmüştür. Depolamada organik asitlerin miktarında meydana gelen değişikliklerde putresin uygulaması etkili olurken ve bu etkinin organik asidin türüne ve depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Sonuç olarak putresin uygulamasının şeftalide hasat sonrası meyve kalitesinin korunmasında etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

Emine KÜÇÜKER: Metodoloji, Araştırma, Kavramsallaştırma, Doğrulama. Erdal AĞLAR : Metodoloji, Araştırma, Kavramsallaştırma, Doğrulama, Yazma - orijinal taslak.




## KAYNAKLAR

- Abbasi, N. A., Ali, I., Hafiz, I. A., Alenazi, M. M., & Shafiq, M. (2019). Effects of putrescine application on peach fruit during storage. *Sustainability*, 11, 2013.
- Aubert, C., Chalot, G., Lurol, S., Ronjon, A., & Cottet, V. (2019). Relationship between fruit density and quality parameters, levels of sugars, organic acids, bioactive compounds and volatiles of two nectarine cultivars, at harvest and after ripening. *Food Chemistry*, 297, Article 124954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124954>
- Bahar, A., & Lichter, A., (2018). Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit. *Scientia Horticulturae*, 227, 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.036>
- Barman, K., Asrey, R., & Pal, R. K. (2011). Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 130, 795–800. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.005>
- Bevilacqua, A. E., & Califano, A. N. (1989). Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*, 54, 1076-1079. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb07948.x>
- Candır, E., Özdemir, A. E., & Aksoy, M. C. (2018). Effects of chitosan coating and modified atmosphere packaging on postharvest quality and bioactive compounds of pomegranate fruit cv. 'Hicaznar'. *Scientia Horticulturae*, 235, 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.scienta>
- Cao, S., Song, C., Shao, J., Bian, K., Chen, W., & Yang, Z. (2016). Exogenous melatonin treatment increases chilling tolerance and induces defense response in harvested peach fruit during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 5215–5222. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01118>
- Cheng, S. B., Yu, Y., Guo, J. Y., Chen, G. G., & Guo, M. R. (2020). Effect of 1-methylcyclopropene and chitosan treatment on the storage quality of jujube fruit and its related enzyme activities. *Scientia Horticulturae*, 265, 109281. <https://doi.org/10.1016/j.scienta>
- Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2009). Quality changes of blueberry fruit under modified atmosphere packaging. *Indian Aliment*, 48, 15-20.
- Crisosto, C. H., Mitchell, F. G., & Zhiguo, J. (1999). Susceptibility of chilling injury of peach, nectarine and plum cultivars grown in California. *HortScience*, 34, 1116–1118. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.6.1116>
- Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M. E., & Ardakani, E. (2015). Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2053–2062. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1232-3>
- Fawole, O. A., Atukuri, J., Arendse, E., & Opara, U. O. (2020). Postharvest physiological responses of pomegranate fruit (cv. Wonderful) to exogenous putrescine treatment and effects on physico-chemical and phytochemical properties. *Food Science and Human Wellness*, 9, 146–161. <https://doi.org/S2213453019301>
- Gao, H., Zhang, Z. K., Chai, H. K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D. N., Yang, T., & Cao, W. (2016). Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 118, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.006>
- Ge, Y. H., Li, X., Li, C. Y., Tang, Q., Duan, B., Cheng, Y., Hou, J. B., & Li, J. R. (2019). Effect of sodium nitroprusside on antioxidative enzymes and the phenylpropanoid pathway in blueberry fruit. *Food Chemistry*, 295, 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.160>
- Hanif, A., Ahmad, S., Jaskani, M. J., & Ahmad, R. (2020). Papaya treatment with putrescine maintained the overall quality and promoted the antioxidative enzyme activities of the stored fruit. *Scientia Horticulturae*, 268, 109367. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109367>

- Hu, W., Yang, H., Tie, W., Yan, Y., Ding, Z., & Liu, Y. (2017). Natural variation in banana varieties highlights the role of melatonin in postharvest ripening and quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(46), 9987–9994. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03354>
- Janne, J., Alhonen, L., Pietila, M., & Keinanen, T. A. (2004). Genetic approaches to the cellular functions of polyamines in mammals. *European Journal of Biochemistry*, 271, 877–894. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.2004.04009.x>
- Jiang, X., Lin, H., Shi, J., Neethirajan, S., Lin, Y., Chen, Y., & Lin, Y. (2018). Effects of a novel chitosan formulation treatment on quality attributes and storage behavior of harvested litchi fruit. *Food Chemistry*, 252, 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.095>
- Kaur, M., & Kaur, A. (2019). Improvement in storability and quality of peach cv. Flordaprince with postharvest application of various chemicals. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8, 460–464.
- Khan, A. S., Singh, Z., Abbasi, N. A., & Swinny, E. E. (2008). Pre-or post-harvest applications of putrescine and low temperature storage affect fruit ripening and quality of 'Angelino' plum. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 88, 1686–1695. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3265>
- Kibar, H., Taş, A., & Gündoğdu, M. (2021). Evaluation of biochemical changes and quality in peach fruit: Effect of putrescine treatments and storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104048>
- Kıralan, M., & Gündoğdu, M. (2021). Dut türlerine ait meyvelerin organik asit ve c vitamini içerikleri üzerine farklı kurutma tekniklerinin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2021, 7(3), 404 – 411. <https://doi.org/10.24180/ijaws.990049>
- Koç Güler, S., Karakaya, O., Karakaya, M., Öztürk, B., Ağlar, E., Yarılgaç, T., & Sefa, G. (2019). Combined treatments of modified atmosphere packaging with aminoethoxyvinylglycine maintained fruit quality in sweet cherry throughout cold storage and shelf life. *Acta Scientia Polonorum Hortorum Cultus*, 18(5), 13–26. <https://doi.org/10.24326/asphc.2019.5.2>
- Koushesh Saba, M., Arzani, K., & Barzegar, M. (2012). Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 8947–8953. <https://doi.org/10.1021/jf302088e>
- Liu, C., Zheng, H., Sheng, K., Liu, W., & Zheng, L. (2018). Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.016>
- Liu, J., Liu, H., Wu, T., Zhai, R., Yang, C., & Wang, Z. (2019). Effects of melatonin treatment of postharvest pear fruit on aromatic volatile biosynthesis. *Molecules*, 24, 4233. <https://doi.org/10.3390/molecules24234233>
- Liu, S., Huang, H., Huber, D. J., Pan, Y., Shi, X., & Zhang, Z. (2020). Delay of ripening and softening in 'Guifei' mango fruit by postharvest application of melatonin. *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111136. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111136>
- Mannozi, C., Tylewicz, U., Chinnici, F., Siroli, L., Rocculi, P., Rosa, M. D., & Romani, S. (2018). Effects of chitosan based coatings enriched with procyanidin by-product on quality of fresh blueberries during storage. *Food Chemistry*, 251, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.011>
- Mattoo, A. K., & Handa, A. K. (2008). Higher polyamines restore and enhance metabolic memory in ripening fruit. *Plant Science*, 174, 386–393. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.01.011>
- Molla, S. M. H., Rastegar, S., Omran, V. G., & Khademi, O. (2022). Ameliorative effect of melatonin against storage chilling injury in pomegranate husk and arils through promoting the antioxidant system. *Scientia Horticulturae*, 295, 110889. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110889>
- Onik, J. C., Wai, S. C., Li, A., Lin, Q., Sun, Q., & Wang, Z. (2020). Melatonin treatment reduces ethylene production and maintains fruit quality in apple during postharvest storage. *Food Chemistry*, 337, 127753–127753. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127753>
- Öztürk, B., Kücük, E., Karaman, S., & Özkan, Y. (2012). The effects of cold storage and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on bioactive compounds of plum fruit (*Prunus salicina* Lindell cv. 'Black Amber'). *Postharvest Biology and Technology*, 72, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.015>

- Öztürk, B., Karakaya, O., Yıldız, K., & Saraçoğlu, O. (2019). Effects of *Aloe vera* gel and MAP on bioactive compounds and quality attributes of cherry laurel fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 249, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.030>
- Öztürk, B., Aşlar, E., Gun, S., & Karakaya, O. (2020). Change of fruit quality properties of jujube fruit (*Ziziphus jujuba*) without stalk and with stalk during cold storage. *International Journal of Fruit Science*, 20, S1891-S1903. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1834901>
- Öztürk, B., Yıldız, M., Yıldız, K., & Gun, S. (2021). Maintaining the postharvest quality and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. Cv. 'Li') fruit by applying 1-methylcyclopropene. *Scientia Horticulturae*, 275, 109671 <https://doi.org/10.1016/j.scienta>
- Pang, L., Wu, Y., Pan, Y., Ban, Z., Li, L., & Li, X. (2020). Insights into exogenous melatonin associated with phenylalanine metabolism in postharvest strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111244. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111244>
- Patel, N., Gantait, S., & Panigrahi, J. (2019). Extension of postharvest shelf-life in green bell pepper (*Capsicum annum* L.) using exogenous application of polyamines (spermidine and putrescine). *Food Chemistry*, 275, 681-687. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.154>
- Ramina A., Tonutti P., & McGlasson W. (2008). Ripening, nutrition and postharvest physiology, pp. 550-574. - In: Layne D.R., and D. Bassi (eds.) *The peach: Botany, production and uses*. CABI international, Wallingford, Oxfordshire, UK, pp. 634.
- Rasouli, M., Saba, M. K., & Ramezani, A. (2019). Inhibitory effect of salicylic acid and *Aloe vera* gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 247, 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.004>
- Rastegar, S., Khankahdani, H. H., & Rahimzadeh, M. (2020). Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 259, 108835. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108835>
- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., & Valero, D. (2003). Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 30, 259-271. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(03\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00113-3)
- Sreekumar, S., Sithul, H., Muraleedharan, P., Azeez, J. M., & Sreeharshan, S. (2014). Pomegranate fruit as a rich source of biologically active compounds. *Biomed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2014/686921>
- Sun, X., Yang, Q., Guo, W., Dai, L., & Chen, W. (2013). Modification of cell wall polysaccharide during ripening of Chinese bayberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 160, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.048>
- Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Zhang, H., Li, D., Shi, J., Li, R., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S., & Guo, Y. D. (2015). Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life. *Journal of Experimental Botany*, 66(3), 657-668. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru332>
- Tijero, V., Muoz, P., & Munn'e-Bosch, S. (2019). Melatonin as an inhibitor of sweet cherries ripening in orchard trees. *Plant Physiology and Biochemistry*, 140, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.05.007>
- Tonutti P., Bonghi C., Ruperti B., Tornielli G. B., & Ramina A. (1997). Ethylene evolution and 1-ami-nocyclopropane-1-carboxylate oxidase gene expres-sion during early development and ripening of peach fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122, 642-647. <https://doi.org/10.21273/JASHS.122.5.642>
- Totad, M. G., Sharma, R. R., Sethi, S., & Verma. M. K., (2019). Effect of edible coatings on 'Misty' blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruits stored at low temperature. *Acta Physiology Plants*, 41, 183-190. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2973-z>
- Wang, L., Jin, P., Wang, J., Jiang, L. L., Shan, T. M., & Zheng. Y. H., (2015). Effect of baminobutyric acid on cell wall modification and senescence in sweet cherry during storage at 20 °C. *Food Chemistry*, 175, 471-477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>
- Wang, F., Zhang, X., Yang, Q., & Zhao, Q. (2019). Exogenous melatonin delays postharvest fruit senescence and maintains the quality of sweet cherries. *Food Chemistry*, 301, 125311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125311>

- Wang, T., Hu, M., Yuan, D., Yun, Z., Gao, Z., Su, Z., & Zhang, Z. (2020). Melatonin alleviates pericarp browning in litchi fruit by regulating membrane lipid and energy metabolisms. *Postharvest Biology and Technology*, 160, 111066. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111066>
- Xia, H., Shen, Y., Shen, T., Wang, X., Zhang, X., & Hu, P. (2020). Melatonin accumulation in sweet cherry and its influence on fruit quality and antioxidant properties. *Molecules*, 25, 753. <https://doi.org/10.3390/molecules25030753>
- Xing, Y., Yang, H., Guo, X., Bi, X., Liu, X., Xu, Q., & Zheng, Y. (2020). Effect of chitosan/ Nano-Ti O<sub>2</sub> composite coatings on the postharvest quality and physico chemical characteristics of mango fruits. *Scientia Horticulturae*, 263, 109–135. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109135>
- Xu, L., Yue, Q., Xiang, G., Bian, F. E., & Yao, Y. (2018). Melatonin promotes ripening of grape berry via increasing the levels of ABA, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, and particularly ethylene. *Horticulture Research*, 5. <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0045-y>
- Yan, R., Xu, Q., Dong, J., Kebbeh, M., Shen, S., Huan, C., & Zheng X. (2022). Effects of exogenous melatonin on ripening and decay incidence in plums (*Prunus salicina* L. cv. Taoxingli) during storage at room temperature. *Scientia Horticulturae*, 292, 110655. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110655>
- Yu, Y., Guo, W., Liu, Y., Sang, Y., Yang, W., Guo, M., Cheng, S., & Chen, G. (2021). Effect of composite coating treatment and low-temperature storage on the quality and antioxidant capacity of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Junzao). *Scientia Horticulturae*, 288, 110372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110372>
- Zheng, H., Liu, W., Liu, S., Liu, C., & Zheng, L. (2019). Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit. *Food Chemistry*, 299, 125116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>

**The Responses of Pollen Tubes to Spermidine Treatments in *Actinidia deliciosa****Actinidia deliciosa*'da Polen Tüplerinin Spermidin Uygulamalarına Verdiği YanıtlarMelse Su Bilgili<sup>1</sup> , Özkan Kilin<sup>2</sup> , Aslıhan Çetinbaş Genç<sup>3</sup> 

Received: 09.11.2023

Accepted: 22.01.2024

Published: 29.04.2024

**Abstract:** In this study, the responses of pollen tubes to spermidine treatments (10  $\mu$ M, 25  $\mu$ M, 50  $\mu$ M, 100  $\mu$ M, 250  $\mu$ M, or 500  $\mu$ M) were investigated in *Actinidia deliciosa*, by focusing on pollen germination rate, pollen tube length, organizations of actin filaments, concentrations of Ca<sup>2+</sup>, pH, reactive oxygen species and distributions of callose and cellulose. According to findings, the only positive effect was detected after 10  $\mu$ M spermidine treatment while the most negative acute effect was detected after 500  $\mu$ M spermidine treatment and, further experiments were done in these groups. 10  $\mu$ M spermidine increased the pollen tube length by changing the concentration of apex localized reactive oxygen species. 500  $\mu$ M spermidine decreased the pollen tube length by changing the apex localized Ca<sup>2+</sup>, pH, and reactive oxygen species concentration. Findings would contribute to the understanding of the effects of polyamines on pollen tubes.

**Keywords:** Actin cytoskeleton, cell wall, pollen tube, polyamine, spermidine

&amp;

**Öz:** Bu çalışmada *Actinidia deliciosa*'da polen tüplerinin spermidin uygulamalarına (10  $\mu$ M, 25  $\mu$ M, 50  $\mu$ M, 100  $\mu$ M, 250  $\mu$ M veya 500  $\mu$ M) verdiği yanıtlar, polen çimlenme oranı, polen tüp uzunluğu, aktin filament organizasyonu, Ca<sup>2+</sup>, pH, reaktif oksijen türlerinin konsantrasyonu ve kallos ve selüloz dağılımına odaklanarak incelenmiştir. Bulgulara göre tek olumlu etki 10  $\mu$ M spermidine uygulamasından sonra tespit edilirken, en olumsuz akut etki 500  $\mu$ M spermidine uygulamasından sonra tespit edilmiş ve ileri deneyler bu gruplarda yapılmıştır. 10  $\mu$ M spermidin, apekte lokalize olan reaktif oksijen türlerinin konsantrasyonunu değiştirerek polen tüpü uzunluğunu arttırmıştır. 500  $\mu$ M spermidin ise apekte lokalize olan Ca<sup>2+</sup>, pH ve reaktif oksijen türlerinin konsantrasyonunu değiştirerek polen tüpü uzunluğunu azaltmıştır. Bulguların poliaminlerin polen tüpleri üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktin hücre iskeleti, hücre çeperi, polen tüpü, poliamin, spermidin

**Cite as:** Bilgili, M. S., Kilin, Ö. & Çetinbaş-Genç, A. (2024). The Responses of Pollen Tubes to Spermidine Treatments in *Actinidia deliciosa*. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 10(1), 39-46. doi: 10.24180/ijaws.1388346

**Plagiarism/Ethic:** This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Melse Su Bilgili, Marmara University, Institute of Pure and Applied Sciences, melsesubilgili@gmail.com

<sup>2</sup> Özkan Kilin, Marmara University, Faculty of Science, Department of Biology, ozkankilin@gmail.com

<sup>3</sup> Doç. Dr. Aslıhan Çetinbaş Genç, Faculty of Science, Department of Biology, aslihan.cetinbas@marmara.edu.tr (Corresponding author)

## INTRODUCTION

Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) is a plant with a high economic value, spreading around the world and Türkiye (Dutta et al., 2023). Its fruits are often used as raw materials in the pharmaceutical, cosmetic, food and beverage industries. It has become a more popular fruit in recent years due to its low-calorie content, and positive results in protection from cancer. About this, studies to increase fruit production have also gained momentum (Garg et al., 2023). Kiwifruit is a dioecious plant. Stamens of female flowers are infertile. However, the stamens of male flowers produce a great number of fertile pollen grains. For fruit formation, pollen grains produced in male flowers must be transferred to the stigma of female flowers. As in many plants, fruit formation in kiwifruit depends mainly on the effort of pollination and fertilization. The main elements of pollination and fertilization are pollen tubes (PTs) (Güçlü et al., 2020).

PTs lengthen by transporting the secretory vesicles including the cell wall materials to the PT apex via actin filaments. Many factors such as calcium ( $Ca^{+2}$ ), reactive oxygen species (ROS), and pH presumably generates the fitting circumstance for secretory vesicles to proceed toward a particular point on the apical plasma membrane (Zhao et al., 2023). Thereupon, ongoing remodeling of the cell wall balances the PT growth. As it turns out many intracellular factors within the PTs play coordinated roles in the elongation. For instance, there is a crosstalk between  $Ca^{+2}$  and ROS and this crosstalk regulates the actin filament organization which is also regulated by pH concentration within the PTs. Alterations in actin filament organization cause the changes in the distribution of main PT cell wall materials named callose and cellulose (Kapoor and Geitmann, 2023). Although the PT can be divided into different parts according to different characters, the most important part of the PT is undoubtedly the apex region. Because this region contains regulative items such as  $Ca^{+2}$ , ROS, and pH, which are requisite for the elongation of the PT, at a suitable concentration at the PT apex (Tang et al., 2023). As well, actin filaments in this region are very short and active, so they can briskly restyle to current growing ambiences. Although cellulose is present in the PT wall in this region, callose is usually absent. All these characters are specially arranged in this region for the elongation of the PT (Zhang et al., 2023).

Any alteration of the multicomponent mechanism alters pollen germination (PG) and PT elongation. Some plant growth regulators affect PG and PT elongation by influencing these factors (Jinming et al., 2023). Polyamines (PAs) lead these plant growth regulators and it has especially been known some types of PA such as putrescine and spermine are effective on PG and PT elongation (Aloisi et al., 2016; Benko et al., 2020). Although it has been reported that exogenic spermidine (Spd) treatments affect PT elongation in various species such as *Malus domestica* (Del Duca et al., 1997), *Lycopersicon esculentum* (Song et al., 1999), *Prunus mume* (Wolukau et al., 2004), *Prunus dulcis* (Sorkheh et al., 2011) and *Camellia sinensis* (Çetinbaş-Genç et al., 2020), there is limited information on how Spd affects the factors that work coordinately in PT elongation. However, it is of great importance to determine the concentrations of Spd that increase PG and PT elongation and to determine how this increase modulates the processes that play a role in PT elongation. Especially in plants such as kiwifruit, where artificial pollination is quite common practice, it is very likely that the use of PA types and appropriate concentrations that increase PG and PT elongation in artificial pollination processes will increase product yield. However, when all studies on PAs and PT elongation were examined, it was seen that there was no study examining the effects of different Spd concentrations on PT elongation in kiwifruit.

This study aims to examine the intracellular effect of Spd on kiwifruit PTs by focusing on PG rate, PT length, actin filaments,  $Ca^{+2}$ , pH, ROS, callose, and cellulose, and also evaluate the cytological responses that occur in PTs after Spd treatments. It is thought that the findings will contribute to both the artificial pollination processes of kiwifruit and the understanding of the effects of PAs on PTs.

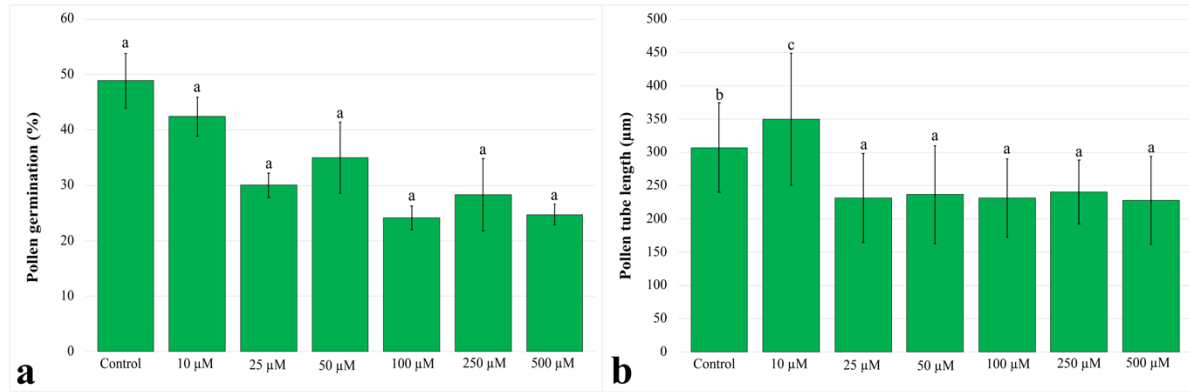
## MATERIAL AND METHOD

Pollen grains were collected from male flowers of *Actinidia deliciosa*'s Matua cultivar in a kiwifruit orchard located in Akçakoca/Düzce, in 2022 summer. Pollen grains dehydrated in silica gel for overnight and stored at -20 °C until the use. were germinated for 3 hours in Brewbaker and Kwack's medium with 12% sucrose. 0 µM, 10 µM, 25 µM, 50 µM, 100 µM, 250 µM, or 500 µM Spd was added to germination

medium (Vogler et al., 2014). PG rates and PT lengths were calculated by examining at least 150 pollen grains and PTs, respectively. Cumulative stress response index (CSRI) values were calculated according to the formula of Dai et al. (1994), using the results of PG and PT lengths to get cumulative results. Further experiments were done in the groups showing the most negative and positive effects detected by CSRI values. PTs were labeled with Alexa 488-phalloidin after the fixation process as described by Lovy-Wheeler et al. (2005) and were examined with a fluorescence microscope at 488-515 nm. Actin filament anisotropy levels at the area that covers 100  $\mu\text{m}^2$  of the apex were measured using the "Fibril Tool" plugin of ImageJ software, in at least 20 PTs (Boudaoud et al., 2014). PTs were labeled with 5  $\mu\text{M}$  Chlorotetracycline hydrochloride (CTC) for  $\text{Ca}^{2+}$ , 5  $\mu\text{M}$  2',7'-bis-(2-Carboxyethyl)-5-(and-6)-carboxyfluorescein acetoxymethyl ester (BCECF-AM) for pH (Serrazina et al., 2014) and 20  $\mu\text{M}$  2',7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate ( $\text{H}_2\text{DCFDA}$ ) for ROS (Malho et al., 2000).  $\text{Ca}^{2+}$ , pH, and ROS distributions were examined with a fluorescence microscope at 515-536 nm, 440-490 nm, and 500-535 nm, respectively. Fluorescence intensities of probes at the area that covers 100  $\mu\text{m}^2$  of the apex were measured using the ImageJ software, in at least 20 PTs. PTs were stained with 0,1% Aniline blue for callose (Wang et al., 2003) and 1% Calcofluor white for cellulose (Derksen et al., 2002). Callose and cellulose accumulations were examined by a fluorescence microscope at 455-495 nm and 365-432 nm, respectively. Fluorescence intensities of stains at the area that covers 100  $\mu\text{m}^2$  of the apex using the 'Rectangle Selection' option of ImageJ software, in at least 20 PTs. All measurements were made in 3 repetitions. All measurement and calculation results were statistically compared by the ONE-WAY ANOVA test using the SPSS program (16.0). In the graphs, distinct letters point out the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) and error bars indicate the standard deviations.

## RESULTS

Foremost, PG rates and PT lengths were determined to gain basic information about the effect of Spd. Results showed that Spd treatments did not generate a significant change in PG rates when compared to the control (Figure 1a). PT lengths were significantly increased by 13.85% after 10  $\mu\text{M}$  Spd treatment. However, PT lengths were significantly decreased by 24.60% after 25  $\mu\text{M}$ , by 22.97% after 50  $\mu\text{M}$ , by 24.62% after 100  $\mu\text{M}$ , by 21.65% after 250  $\mu\text{M}$  and by 25.92% after 500  $\mu\text{M}$  Spd treatment, compared to the control (Figure 1b).



**Figure 1.** Effect of different Spd concentrations on PG and PT length. a. PG rates, b. PT lengths.

*Şekil 1.* Farklı Spd konsantrasyonlarının polen çimlenmesi ve polen tüp uzunluğuna etkisi. a. Polen çimlenme oranları, b. Polen tüp uzunlukları.

To determine the concentrations with the most negative and positive effects on PT, the CSRI values were calculated. According to CSRI values, the only positive effect was detected after 10  $\mu\text{M}$  Spd. Although all other groups showed negative effects, the most negative acute effect was detected after 500  $\mu\text{M}$  Spd (Table 1). According to CSRI results, further experiments were done in control, 10  $\mu\text{M}$ , and 500  $\mu\text{M}$  Spd groups.



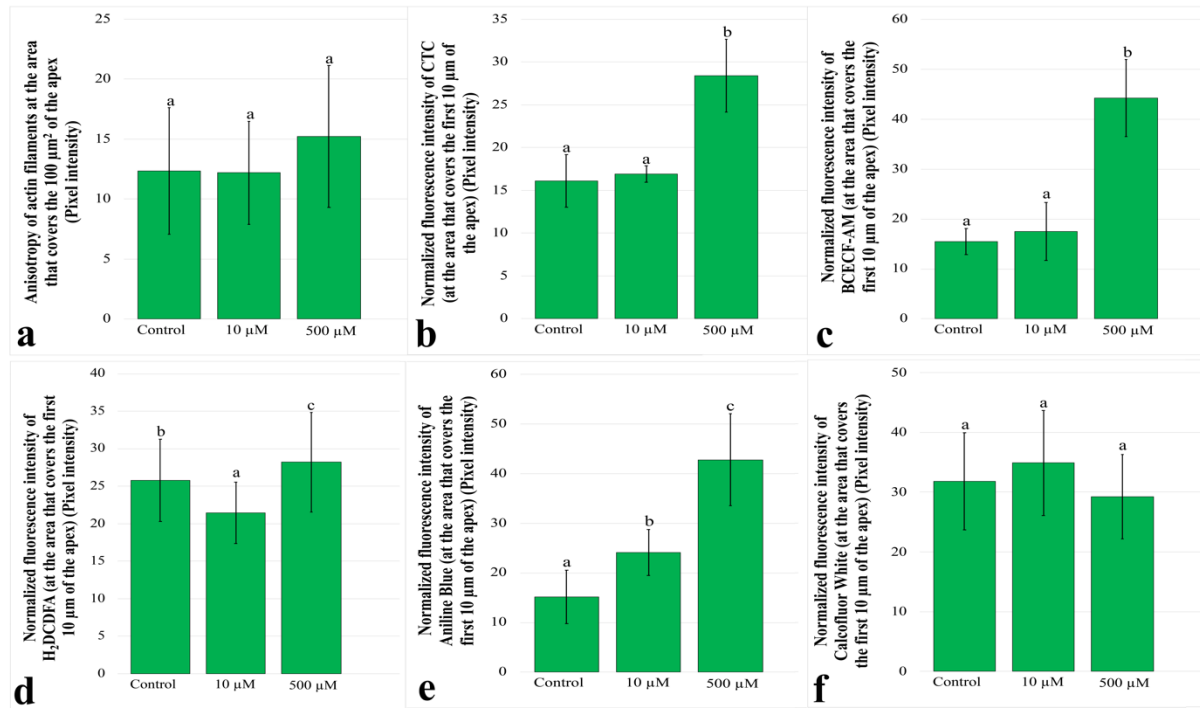
**Table 1.** CSRI values.

Çizelge 1. CSRI değerleri.

|                | 10 $\mu\text{M}$                                       | 25 $\mu\text{M}$ | 50 $\mu\text{M}$ | 100 $\mu\text{M}$ | 250 $\mu\text{M}$ | 500 $\mu\text{M}$ |
|----------------|--|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| CSRI           | 0.59   | -63.15           | -51.41           | -75.22            | -63.80            | -75.33            |
| Evaluation key | Negative < -46.80 < Medium < -18.27 < Positive < 10.25 |                  |                  |                   |                   |                   |

In order to reveal Spd-induced changes in intracellular features at the apex, actin cytoskeleton organization,  $\text{Ca}^{+2}$ , pH, and ROS distributions were observed at the area that covers 100  $\mu\text{m}^2$  of the apex. The results showed that Spd treatments did not generate a significant alteration in the distribution of actin filaments at the apex (Figure 2a).  $\text{Ca}^{+2}$  and pH concentrations did not change after 10  $\mu\text{M}$  Spd treatment. However, after 500  $\mu\text{M}$  Spd treatment,  $\text{Ca}^{+2}$  and pH concentration increased statistically by 76.35% and 185.54%, respectively (Figure 2b,c). Concentrations of ROS decreased statistically by 16.66% after 10  $\mu\text{M}$  Spd while increasing statistically by 9.42% after 500  $\mu\text{M}$  Spd treatment (Figure 2d).

In order to reveal Spd-induced changes in cell wall properties, callose and cellulose accumulations were observed at the area that covers 100  $\mu\text{m}^2$  of the apex. The callose accumulation increased statistically by 58.30% after 10  $\mu\text{M}$  and by 181.30% after 500  $\mu\text{M}$  Spd treatment (Figure 2e). However, there was no statistical difference in cellulose deposition after Spd treatment (Figure 2f).



**Figure 2.** Spd induced changes in intracellular features and cell wall properties at the area that covers 100  $\mu\text{m}^2$  of the apex. a. Anisotropy values of actin filaments. b.  $\text{Ca}^{+2}$  distributions, c. pH distributions, d. ROS distribution, e. Callose accumulation, f. Cellulose accumulation.

Şekil 2. Apeksin 100  $\mu\text{m}^2$ 'sini kaplayan alanda hücre içi ve hücre çeperi özelliklerinde Spd kaynaklı değişiklikler. A. Aktin filamentlerin anizotropi değerleri, b.  $\text{Ca}^{+2}$  dağılımı, c. pH dağılımı, d. ROS dağılımı, e. Kalloz birikimi, f. Selüloz birikimi.

## DISCUSSION

Researchers have reported that appropriate doses of putrescine and spermine increase PG and PT elongation in many different species (Sorkheh et al., 2011). However, little is known about the role of Spd, another important PA type, in PG and PT elongation (Wu et al., 2010). For example, 50  $\mu\text{M}$  Spd has been reported to increase PG and PT elongation in both *Lycopersicum esculantum* (Song et al., 1999) and *Nicotiana tabacum* (Benko et al., 2020). Additionally, it was determined that 25  $\mu\text{M}$  and 250  $\mu\text{M}$  Spd caused the formation of longer PTs in *Prunus mume* and *Prunus dulcis* (Wolukau et al., 2004; Sorkheh et al. 2011). As can be understood, almost most of these studies reported how Spd increased PG and PT elongation. However, more studies are needed to explain how Spd, which has a high ability to interact with different molecules and to regulate many different pathways within the cell, affects the molecules and processes that enable PT to elongate (Aloisi et al., 2022). In this study, it was determined that different Spd doses did not cause a significant change on PG, but 10  $\mu\text{M}$  Spd caused the formation of long PTs. However, all other concentrations decreased the PT length. The fact that 50  $\mu\text{M}$  Spd in *Lycopersicum esculantum* and *Nicotiana tabacum* or; 250  $\mu\text{M}$  Spd in *Prunus mume* and *Prunus dulcis* increased PT length, but these concentrations reduced PT length in *Actinidia deliciosa*, supports the notion that the effects of PAs may differ between species (Zhang et al., 2023).

In this study, it has been tried to determine the concentrations that show the most positive and negative acute effects on PG and PT elongation. Although Spd doses did not have an effect on PG, since they created significant changes on PTs. For this reason, results of PG and PT length were evaluated cumulatively as stated in the literature (Dai et al., 1994). Similarly, researchers evaluated PG rate and PT lengths cumulatively in their studies on *Olea europaea* and *Prunus dulcis* (Koubouris et al., 2009; Sorkheh et al., 2018). As a result of the cumulative evaluation, the concentrations showing the best and worst effects were determined to be 10  $\mu\text{M}$  and 500  $\mu\text{M}$ , respectively, and further experiments were carried out only in these groups.

It is known that PAs regulate PT elongation by modulating the activities of the actin cytoskeleton (Aloisi et al., 2016). It has been revealed that especially the actin filaments in the apex must be extra active to adapt to changing growth conditions and the actin filaments in this region are much more important for PT elongation than other regions (Cai et al., 2015). So much so that many researchers have revealed that an increase in actin filament anisotropy at the apex causes the formation of short PTs, while a decrease in anisotropy causes the formation of long PTs (Del Duca et al., 2013; Aloisi et al., 2016). Nonetheless, in this study, no significant change in actin filament anisotropy at the apex was detected after any Spd concentration. For this reason, it can be concluded that the acute changes detected in growth parameters after 10  $\mu\text{M}$  and 500  $\mu\text{M}$  Spd treatments are not actin-related.

In PTs that show proper elongation, the apex of the PT exhibits high  $\text{Ca}^{+2}$ , pH and ROS concentration (Wu et al., 2010). Many researchers have stated that deterioration in  $\text{Ca}^{+2}$  concentration at the apex is associated with the inhibition of PT elongation (Nie et al., 2023). Based on this information, the high increase observed in  $\text{Ca}^{+2}$  and pH concentration at the PT apex after 500  $\mu\text{M}$  Spd treatment explains the sharp decrease in PT length in this group. Similarly, it has been reported that 100  $\mu\text{M}$  spermine causes short PT formation in *Pyrus communis* by causing sharp changes in  $\text{Ca}^{+2}$  and pH concentration at the PT apex (Aloisi et al., 2016). Researchers have stated that apex localized ROS play a role in the remodeling of actin filaments by modulating the apex localized  $\text{Ca}^{+2}$  concentration (Potocky et al., 2012; Jinming et al., 2023). In this study, the changes observed in ROS deposition at the PT apex following the 10  $\mu\text{M}$  Spd treatment were not reflected in the  $\text{Ca}^{+2}$  and pH levels at the apex and, did not show any change in actin organization. These findings suggest that 10  $\mu\text{M}$  Spd modulates PT elongation only by making changes in ROS accumulation. Also similar to these findings, Benko et al. (2020) stated that 10  $\mu\text{M}$  Spd application in *Nicotiana tabacum* increased PT lengths and reduced ROS levels in PTs. On the other hand, it was determined that after 500  $\mu\text{M}$  Spd application, ROS accumulation modulated the  $\text{Ca}^{+2}$  and pH concentration, but this modulation was not reflected in the actin filament organization. Therefore, it was thought that 500  $\mu\text{M}$  Spd modulated PT elongation in coordination with  $\text{Ca}^{+2}$ , pH and ROS. It has also been reported that PT lengths decreased and ROS levels increased after 1 mM Spd application in

*Arabidopsis thaliana* (Wu et al., 2010). Also, researchers have stated that PA-induced changes in apex localized Ca<sup>2+</sup>, pH and ROS concentrations can directly affect the structure of the PT cell wall (Parrotta et al., 2022). In this study, there was no change in the cellulose distribution on apex after both 10 µM and 500 µM Spd application. However, callose deposition at the apex increased following the treatment with both concentrations. Similarly, it has been reported that rich callose deposition was observed at the apex of the PT in *Pyrus communis* pollen grains exposed to 100 µM spermine (Aloisi et al. 2017).

## CONCLUSION

10 µM Spd treatment increases PT length by changing the apex localized ROS concentration. 500 µM Spd treatment decreases PT length by changing the apex localized Ca<sup>2+</sup>, pH, and ROS concentration. Results show how exogenic Spd treatment impinges the processes and molecules involved in PT elongation in the most prominent examples. Obtained findings would contribute to both the artificial pollination processes of kiwifruit and may conduce to the understanding of the cellular activity mechanism of PAs in both PTs and other structures extending from the tip.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

## DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

All authors contributed equally.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the 2209-A-Research Project Support Programme for Undergraduate Students with project identification number 1919B012201192.

## REFERENCES

- Aloisi, I., Cai, G., Serafini-Fracassini, D., & Del Duca, S. (2016). Polyamines in pollen: from microsporogenesis to fertilization. *Frontiers in Plant Science*, 7, 155. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00155>
- Aloisi, I., Cai, G., Faleri, C., Navazio, L., Serafini-Fracassini, D., & Del Duca, S. (2017). Spermine regulates pollen tube growth by modulating Ca<sup>2+</sup>-dependent actin organization and cell wall structure. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1701. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01701>
- Aloisi, I., Piccini, C., Cai, G., & Del Duca, S. (2022). Male fertility under environmental stress: Do polyamines act as pollen tube growth protectants?. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1874. <https://doi.org/10.3390/ijms23031874>
- Benko, P., Jee, S., Kaszler, N., Fehér, A., & Gémes, K. (2020). Polyamines treatment during pollen germination and pollen tube elongation in tobacco modulate reactive oxygen species and nitric oxide homeostasis. *Journal Of Plant Physiology*, 244, 153085. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.153085>
- Boudaoud, A., Burian, A., Borowska-Wykręć, D., Uyttewaal, M., Wrzalić, R., Kwiatkowska, D., & Hamant, O. (2014). FibrilTool, an ImageJ plug-in to quantify fibrillar structures in raw microscopy images. *Nature Protocols*, 9(2), 457-463. <https://doi.org/10.1038/nprot.2014.024>
- Cai, G., Parrotta, L., & Cresti, M. (2015). Organelle trafficking, the cytoskeleton, and pollen tube growth. *Journal of Integrative Plant Biology*, 57(1), 63-78. <https://doi.org/10.1111/jipb.12289>
- Çetinbaş-Genç, A., Cai, G., & Del Duca, S. (2020). Treatment with spermidine alleviates the effects of concomitantly applied cold stress by modulating Ca<sup>2+</sup>, pH and ROS homeostasis, actin filament organization and cell wall deposition in pollen tubes of *Camellia sinensis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156, 578-590. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.10.008>
- Dai, Q., Shaobing, P., Chavez, A. Q., & Vergara, B. S. (1994). Intraspecific responses of 188 rice cultivars to enhanced UVB radiation. *Environmental and Experimental Botany*, 34(4), 433-442. [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(94\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0098-8472(94)90026-4)
- Del Duca, S., Bregoli, A. M., Bergamini, C., & Serafini-Fracassini, D. (1997). Transglutaminase-catalyzed modification of cytoskeletal proteins by polyamines during the germination of *Malus domestica* pollen. *Sexual Plant Reproduction*, 10, 89-95. <https://doi.org/10.1007/s004970050072>
- Del Duca, S., Faleri, C., Iorio, R. A., Cresti, M., Serafini-Fracassini, D., & Cai, G. (2013). Distribution of transglutaminase in pear pollen tubes in relation to cytoskeleton and membrane dynamics. *Plant Physiology*, 161(4), 1706-1721. <https://doi.org/10.1104/pp.112.212225>

- Derksen, J., Knuiman, B., Hoedemaekers, K., Guyon, A., Bonhomme, S., & Pierson, E. S. (2002). Growth and cellular organization of *Arabidopsis* pollen tubes in vitro. *Sexual Plant Reproduction*, 15, 133-139. <https://doi.org/10.1007/s00497-002-0149-1>
- Dutta, S. K., Layek, J., Yadav, A., Das, S. K., Rymbai, H., Mandal, S., Shana, S., Bhutia, T.L., Devi, E. L., Patel, V. B., Laha, R., & Mishra, V. K. (2023). Improvement of rooting and growth in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cuttings with organic biostimulants. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17815>
- Garg, A. K., Kaushal, R., Rana, V. S., & Singh, P. (2023). Assessment of yield, quality and economics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Allison) production as influenced by integrated nitrogen management strategies in Indian Lower Himalayas. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01429-7>
- Güçlü, S. F., Öncü, Z., & Koyuncu, F. (2020). Pollen performance modelling with an artificial neural network on commercial stone fruit cultivars. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61(1), 61-67. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00208-7>
- Jinming, X. U., Yihong, C. H. A. N. G., Han, G. O. N. G., Wenfang, G. O. N. G., & Deyi, Y. U. A. N. (2023). Effects of different exogenous substances on pollen germination and pollen tube growth of *Camellia oleifera*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 35(4), 789.
- Kapoor, K., & Geitmann, A. (2023). Pollen tube invasive growth is promoted by callose. *Plant Reproduction*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s00497-023-00458-7>
- Koubouris, G. C., Metzidakis, I. T., & Vasilakakis, M. D. (2009). Impact of temperature on olive (*Olea europaea* L.) pollen performance in relation to relative humidity and genotype. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1), 209-214. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.002>
- Lovy-Wheeler, A., Wilsen, K. L., Baskin, T. I., & Hepler, P. K. (2005). Enhanced fixation reveals the apical cortical fringe of actin filaments as a consistent feature of the pollen tube. *Planta*, 221, 95-104. <https://doi.org/10.1007/s00425-004-1423-2>
- Malho, R., Camacho, L., & Moutinho, A. (2000). Signalling pathways in pollen tube growth and reorientation. *Annals of Botany*, 85, 59-68. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0991>
- Nie, S., Zheng, S., Lyu, C., Cui, S., Huo, J., & Zhang, L. (2023). Calcium/calmodulin modulates pollen germination and pollen tube growth and self-incompatibility response in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). *Scientia Horticulturae*, 308, 111607. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111607>
- Parrotta, L., Faleri, C., Del Casino, C., Mareri, L., Aloisi, I., Guerriero, G., Hausman, J. F., Del Duca, S., & Cai, G. (2022). Biochemical and cytological interactions between callose synthase and microtubules in the tobacco pollen tube. *Plant Cell Reports*, 41(5), 1301-1318. <https://doi.org/10.1007/s00299-022-02860-3>
- Potocky, M., Pejchar, P., Gutkowska, M., Jiménez-Quesada, M. J., Potocká, A., de Dios Alché, J., Kost, B., & Žárský, V. (2012). NADPH oxidase activity in pollen tubes is affected by calcium ions, signaling phospholipids and Rac/Rop GTPases. *Journal of Plant Physiology*, 169(16), 1654-1663. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.05.014>
- Serrazina, S., Dias, F. V., & Malhó, R. (2014). Characterization of FAB 1 phosphatidylinositol kinases in *Arabidopsis* pollen tube growth and fertilization. *New Phytologist*, 203(3), 784-793. <https://doi.org/10.1111/nph.12836>
- Song, J., Nada, K., & Tachibana, S. (1999). Ameliorative effect of polyamines on the high temperature inhibition of in vitro pollen germination in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae*, 80(3-4), 203-212. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00254-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00254-4)
- Sorkheh, K., Shiran, B., Rouhi, V., Khodambashi, M., Wolukau, J. N., & Ercisli, S. (2011). Response of in vitro pollen germination and pollen tube growth of almond (*Prunus dulcis* Mill.) to temperature, polyamines and polyamine synthesis inhibitor. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(4-6), 749-757. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.06.015>
- Sorkheh, K., Azimkhani, R., Mehri, N., Chaleshtori, M. H., Halász, J., Ercisli, S., & Koubouris, G. C. (2018). Interactive effects of temperature and genotype on almond (*Prunus dulcis* L.) pollen germination and tube length. *Scientia horticulturae*, 227, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.037>
- Tang, C., Wang, P., Zhu, X., Qi, K., Xie, Z., Zhang, H., Li, X., Gao, H., Gu, T., Gu, C., Li, S., De Graff, B. H. J., Zhang, S., & Wu, J. (2023). Acetylation of inorganic pyrophosphatase by S-RNase signaling induces pollen tube tip swelling by repressing pectin methylesterase. *The Plant Cell*, 162. <https://doi.org/10.1093/plcell/koad162>
- Vogler, F., Schmalzl, C., Enghart, M., Bircheneder, M., & Sprunck, S. (2014). Brassinosteroids promote *Arabidopsis* pollen germination and growth. *Plant Reproduction*, 27, 153-167. <https://doi.org/10.1007/s00497-014-0247-x>
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., & Lin, J. (2003). Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree physiology*, 23(5), 345-351. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.5.345>
- Wolukau, J. N., Zhang, S., Xu, G., & Chen, D. (2004). The effect of temperature, polyamines and polyamine synthesis inhibitor on in vitro pollen germination and pollen tube growth of *Prunus mume*. *Scientia Horticulturae*, 99(3-4), 289-299. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(03\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(03)00112-2)
- Wu, J., Shang, Z., Wu, J., Jiang, X., Moschou, P. N., Sun, W., Roubelakis-Angelakis, K. A., & Zhang, S. (2010). Spermidine oxidase-derived H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> regulates pollen plasma membrane hyperpolarization-activated Ca<sup>2+</sup>-permeable

channels and pollen tube growth. *The Plant Journal*, 63(6), 1042-1053. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04301.x>

Zhang, R., Xu, Y., Yi, R., Shen, J., & Huang, S. (2023). Actin cytoskeleton in the control of vesicle transport, cytoplasmic organization and pollen tube tip growth. *Plant Physiology*, 203. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad203>

Zhao, W., Hou, Q., Qi, Y., Wu, S., & Wan, X. (2023). Structural and molecular basis of pollen germination. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108042. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108042>



# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi

## International Journal of Agriculture and Wildlife Science

2024, 10(1): 47 – 68, doi: 10.24180/ijaws.1394524



### Küresel Isınmanın Çay Tarımına Etkileri

Effects of Global Warming on Tea Agriculture

Songül Yıldız<sup>1</sup> , Muharrem Özcan<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 22.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 30.01.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Küresel ısınma, tarım alanlarında ve tarımsal üretimde çeşitli sorunlara yol açan önemli bir faktördür. Dünyada önemli çay üreticileri olan Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka ve Türkiye gibi ülkelerdeki çay tarımında küresel ısınma etkileri son zamanlarda artış göstermiştir. Dünya çay tarım alanlarının etkilenme dereceleri çay veriminde azalma, sel ve su baskını, toprak erozyonu, kuraklık gibi farklı şekillerde meydana gelmektedir. Türkiye çay tarım alanlarında da, değişen sıcaklık ortalamaları, yağış miktarı ve yağış düzensizliği sonucunda çay üretiminde rakımlara bağlı olarak farklı düzeylerde etkilerin oluşmaya başladığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan anket çalışmasının sonuçlarına göre, kıyı kesimlerde ve özellikle ilk sürgün hasatta verim kayıplarının oluşmasına karşın, yüksek rakımlarda ikinci ve üçüncü hasatta verim artışlarını teşvik ettiği görülmektedir. Küresel ısınmanın ülkemiz çay bahçelerinde su baskını stresi, düz ve düze yakın arazilerde kurumalar, eğimli arazilerde ise toprak kaymaları gibi etkiler yaptığı görülmektedir. Ülkemiz çay alanlarında küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak, çay üreticilerinin bilgilendirilmesi, eğimli alanlarda toprak kaymasını önleyici kültürel önlemlerin alınması gerekmektedir. Kalıcı çözümler için, ıslah çalışmalarıyla, su baskını ve sıcaklık stresine yönelik verimli ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve bunların ülkemiz çay bahçelerinin yenilenmesinde öncelikle kullanılması sağlanmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Çay, küresel ısınma, verim, kalite, kuraklık

&

**Abstract:** Global warming is a major factor that causes various problems in agricultural areas and agricultural production. In recent years, the effects of global warming on tea cultivation in countries such as China, India, Kenya, Sri Lanka, and Turkey, which are important tea producers in the world, have increased. The degree of impact on world tea cultivation areas occurs in different ways, such as a decrease in tea yield, flooding, soil erosion, and drought. In Turkish tea cultivation areas, it is seen that different levels of effects have begun to occur in tea production depending on the altitudes as a result of changing temperature averages, rainfall amounts, and rainfall irregularity. According to the results of the survey conducted within the scope of this study, it is seen that while yield losses occur in coastal areas and especially in the first flush harvest, it encourages yield increases in the second and third harvests at high altitudes. It is seen that global warming has effects such as flooding stress, drying in flat and close to flat areas, and landslides in sloping areas in our country's tea gardens. In order to reduce the effects of global warming in our country's tea areas, it is necessary to inform tea producers and to take cultural measures to prevent landslides in sloping areas. For permanent solutions, breeding studies should be carried out to develop efficient and resistant varieties for flooding and heat stress, and these should be prioritized in the renewal of our country's tea gardens.

**Keywords:** Tea, global warming, yield, quality, drought

**Atıf/Cite as:** Yıldız, S. & Özcan, M. (2024). Küresel ısınmanın çay tarımına etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 10(1), 47-68. doi: 10.24180/ijaws. 1394524

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Songül Yıldız, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, songul.yildiz@erdogan.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Muharrem Özcan, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, muozcan@omu.edu.tr

## GİRİŞ

Küresel ısınma ile dünyada birçok alan olumsuz etkilenmekte ve etkileri giderek artmaktadır. Sanayi alanlarının ve fosil yakıtların kullanımının artması, ormanların farklı amaçlara yönelik kesilerek yok edilmesi ve yangınlar nedeniyle yok olan ormanların yerine yenilerinin dikilmemesi yanında yenilenenin uzun yıllar alması, bilinçsiz tarım uygulamaları gibi birçok sebebe bağlı olarak küresel ısınma artmaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS) iklim değişikliği "Mukayese edilebilen bir süreçte incelenen doğal iklim değişimlerine ilaveten, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" olarak tanımlanmıştır. Çok genel bir yaklaşımla, iklim değişikliği, "Nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler" biçiminde tanımlanabilir (Türkeş, 1997). Dünyada iklim değişikliğinin en büyük etkisi küresel ısınma olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma, atmosferde bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) ve diğer sera gazlarının konsantrasyonunun artması ile güneş ışınlarını hapsedmesi sonucu yeryüzü sıcaklığının artması şeklinde ortaya çıkmakta ve bu olaya sera etkisi de denilmektedir (Korkmaz, 2007).

Hızla artan nüfusla beraber sanayileşmedeki artışların bir sonucu olarak açığa çıkan atıklar, fosil yakıt kullanımı, bilinçsiz yapılan tarımsal ilaçlama, gübreleme, artan kimyasal kullanımı gibi etkenler sera gazlarının artmasına ve sera etkisinin kuvvetlenmesine neden olmakta, bu etkiler sonuçta iklim değişikliğini doğurmaktadır (Korkmaz, 2007, Yalçın ve Kara, 2014). Dünyanın mevcut enerji kaynaklarının yaklaşık %85'ini fosil yakıtların oluşturduğu (MacCracken, 2001; Korkmaz, 2007) düşünüldüğünde, küresel ısınmanın en büyük nedenlerinin enerji, endüstri, ulaştırma, tarım ve ormansızlaşma olduğu görülmektedir. Bu durum, dünya için giderek artan bir tehdit oluşturmaktadır (Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı [OKP], 2013).

Zirai ilaç, kimyasal gübre, sulama gibi kültürel uygulamaların yanlış uygulanması sonucunda da sera gazı salınımının artmasına sebep olan tarım, bir taraftan küresel ısınmaya katkı yaparken, diğer taraftan da küresel ısınmanın getirdiği olumsuzluklardan etkilenmektedir. Küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenen sektörler arasında tarımın oranı %14 olarak bildirilmiştir (Gürel ve Şenel, 2010).

Tunç vd., (2007) küresel ısınma ve sera gazları salınımıyla ilgili 43 farklı sektörü ele alarak yaptıkları çalışmada, toplam sera gazı üretimindeki sektörlerin katkılarını %32 endüstriyel prosesler, %30 enerji sektörü, %16 ulaştırma, %16 diğer sektörler ve %6 tarım sektörü olarak belirlemiştirler.

Küresel ısınmanın kısa ve uzun vadeli olarak çeşitli alanlarda ve oranlarda olumsuzluklara neden olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Bu konuda yaşanan olumsuzluklar ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler başlıkları altında toplanabilir. Ekonomik etkiler küresel ısınma sonucunda doğrudan veya dolaylı olarak tarımsal üretimin olumsuz etkilenmesini içermektedir. Bu etkiler; bitki hastalık ve zararlılarının artışı, hayvansal üretimde canlı hayvan sayısında azalma, su ürünleri üretiminde canlı kaybı, otlakların verimliliğinin azalması, hayvanlar için su ve besin miktarının azalması, orman ürünlerinde çeşitli faktörlere bağlı kayıplar, tarımsal alanlarda ve ormanlarda görülen yangınların artışı, orman alanlarının verimliliğinin azalmasıdır. Küresel ısınma, verim kaybı ile beraber ürün kalitesinde ve işlenmiş gıda üretiminde düşüş, gıda stoklarında azalma, finansal kaynak bulma zorluğu, kredi riski, yeni ve ilave su kaynaklarının geliştirilmesinde pahalılık etkileri sonucunda çiftçi gelirlerinde kayıplara da yol açmaktadır. Sadece tarım sektöründe değil tarıma entegre olan turizmde kayıpları, enerji üretiminde azalmaları, tarımsal üretimle ilgili endüstride kayıpları ve işsizlik oranında artışı meydana getirmektedir (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, [TAGEM], 2001).

Tarımın var olabilmesi için çevre, ana faktör olarak ihtiyaç duyulan ortamdır. Küresel ısınmanın çevreyi olumsuz etkilemesinin sonucu olarak; toprakta su ve rüzgar erozyonu artmakta, bitki alanları zarara uğramakta, su kalitesinde bozulma yaşanmakta, hayvanların doğal yaşam alanlarında daralma meydana gelmektedir. Küresel ısınma sebebiyle ekonomik ve çevresel alanda olumsuz etkilerin devamlılığı

beraberinde sosyal alanda olumsuzluklara yol açmaktadır. Bu olumsuzluklar da sosyal huzursuzluk ortamının oluşması, göç olaylarında ve yoksullukta artış yaşanması şeklindedir. Tüm bu etkiler de her geçen gün artmaya devam etmektedir. Tüm bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması veya etkilerinin azaltılması için küresel ısınmanın ekonomik, çevresel ve sosyal alanlarda olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (TAGEM, 2001).

Küresel ısınmaya bağlı olarak kış döneminde sıcaklık ortalamalarında artış yaşanabileceği varsayılmakta ve öngörülen bu sıcaklık değişimlerinin birçok meyve türünü olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir. Özellikle asma ve sert kabuklu meyve yetiştiriciliğinde verim ve kalite kayıplarının daha fazla olacağı belirtilmektedir (Pope vd., 2015).

Özbucak vd., (2019), küresel ısınmanın etkilerine bağlı olarak sıcaklık artışının fındıkta soğuklama isteğinin karşılanamayabileceği öngörüsünü sunmuşlardır. Araştırmacılar, fındık veriminin olumsuz etkilenmesi sebebiyle gelecekte alternatif ürünlerin belirlenmesi gerektiği ortaya koymuşlardır.

Zeytin (*Olea europa*) kurak koşullara dayanıklılığı fazla olan bir tür olmasına rağmen ülkemizde küresel iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkilenecek tarım ürünlerinden biridir. Bu olumsuz etkilerin azaltılması yönünde çalışmalar yapılması gerektiği belirtilmektedir (Varol ve Ayaz, 2012).

Küresel ısınmaya bağlı ani iklim değişikliği, çay için en önde gelen çevresel sorun olarak kabul edilmiştir. Çay bitkisi, uzun ömürlü bir bitki olduğundan tüm dünyada iklim değişikliğinin çok yıllık etkilerini yaşamaktadır (Ochieng vd., 2016).

Ülkemizde son yıllarda mevsimlerde yaşanan anormal geçişler, hava durumunda yıl içi ve yıllar arası değişiklikler tüm tarımsal alanlarda etkisini göstermektedir. Doğu Karadeniz bölgesi için önemli bir ekonomik kaynak olan çay tarımı da bahçelerin rakım seviyelerine göre değişmekle birlikte küresel ısınmanın olumsuz etkilerini yaşamaya başlamıştır. Bu çalışmada; dünyada ve ülkemizde tüm tarım ürünlerinde olduğu gibi çay tarımında da sorun oluşturmaya başlayan küresel ısınmanın etkilerinin, ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalarla birlikte incelenmesi, aynı zamanda Türkiye çay üreticisiyle küresel ısınma konusunda yapılan anket çalışması analiz edilerek mevcut durumla birlikte sorunların ortaya konulması ve çözüm önerilerinin oluşturulması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, küresel ısınma konusunda yayımlanmış araştırmalar, istatistikler ve bölge çay üreticilerine uygulanan anket çalışması materyali oluşturmaktadır. Dünya çay üretiminde önemli ülkeler içerisinde yer alan Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka ve Türkiye çay tarımına küresel ısınmanın etkileri konusunda yapılan çalışmalar materyal olarak kullanılmıştır.

Ülkemizde çayda küresel ısınma konusunda etkilerin, olumlu ve olumsuz yönde gözlemlerin üretici gözünde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla alan araştırması yapılmıştır. Türkiye çay havzasında üreticiye yönelik anket çalışması için Google Forms uygulamasından yararlanılmıştır. Anket çalışmasında katılımcılara;

- Küresel ısınma (mevsim değişikliği) denildiğinde ne anlıyorsunuz?
- Çaylığınız kaç yaşında
- Çaylıkta gençleştirme budaması yapıyor musunuz?
- Çaylıkta geçmiş yıllara oranla verimde azalma görüldü mü?
- İkinci ve üçüncü sürgün veriminde azalma oldu mu?
- Çaylıkta çiçek ve tohum oluşumu geçmiş yıllara oranla arttı mı?
- Çaylıkta ilk sürgün hasat geçmiş yıllara oranla erkene geliyor mu?
- Geçmiş yıllarda ilk sürgün çayı en erken ne zaman hasat ettiniz?
- İlk sürgün hasat zamanları arasında yıllara göre kaç günlük fark oluştu?



- Çaylıklarınızda aşırı yağışlar sebebi ile toprak erozyonu (kayması) yaşadınız mı?
- Son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldü mü?
- Önceki soruya cevabınız "evet" ise kurumanın sebebi sizce nedir?
- Sizin gözlemlerinizde küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkileri nelerdir?
  - Küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkilerine karşı ne gibi önlemler alıyorsunuz? soruları yöneltmiştir.

Elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilerek ülkemizde iklim değişikliği ve küresel ısınma sürecinin çay bitkisi, ürünün bahçe koşullarında etkilenme derecesi ve ileri süreçte çayda olası etkileri belirlenmiştir.

Literatür taramaları ve alanda uygulanan anketin yorumlanması çalışmanın yöntemini oluşturmuştur.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### *Küresel Isınmanın Dünya Çay Tarımına Etkileri*

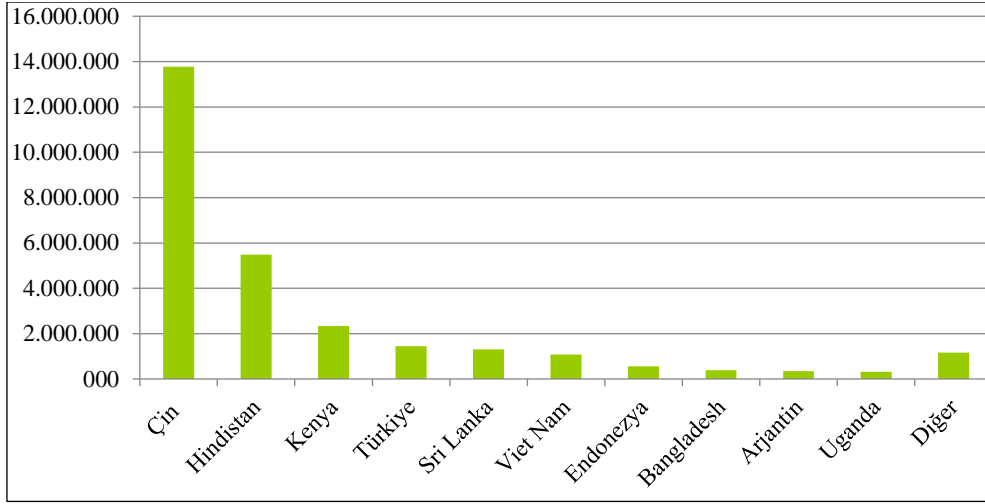
Dünya çay tarım alanları son yıllarda küresel ısınma etkisi ile karşı karşıya kalmakta ve bu durum birçok araştırmacının çalışmalarına konu olmaktadır. Çay tarım alanları farklı açılardan küresel iklim değişikliğinden etkileniyor olsa da en büyük sorunun alan ve verim kaybında olduğu görülmektedir. Kahn (2015), dünyanın bazı bölgelerinde çay yetiştirilen alanların gelecekte %40-55 oranında azalabileceğini bildirmektedir. Çay tarım bölgelerinde yapılan araştırmalar sonucunda iklim değişikliğinin temel etkileri olarak, hava sıcaklıklarında düzensizlik, daha az yağmurlu gün sayısı ve yıllık güneşlenme saatlerinde düşüş, uzun süreli kuraklık, kısa sürede aşırı yağış, aşırı sıcaklıklar, böcek ve hastalık istilasındaki artış, yeni haşere türlerinin ortaya çıkışı, artan yabancı ot istilası, rüzgar hızının artışı, toprak neminde değişim ve buharlaşmada artış belirtilmektedir (Esham ve Garforth, 2013; Baruah ve Handique, 2021).

Çay, geri dönüşü olmayan verim kayıplarına neden olabilen kuraklığa karşı hassas bir bitkidir. Çay kalitesini belirleyen fitokimyasal profiller ve organoleptik özelliklerin de iklim değişikliği ile etkilendiği gösterilmiştir (Kowalsick vd., 2014; Bhagat vd., 2016; Ahmed, vd., 2019; Nowogrodzki, 2019). Şiddetli yağmurların tarım alanlarında su baskınlarına, erozyona ve toprakta besin elementlerinin yıkanmasına neden olabileceği belirtilmiştir (Wijeratne, 1996).

İklim değişikliği kaynaklı stresler, fotosentez, solunum ve su tutma kapasitesi gibi bitki sistemlerini etkilemektedir. Çay bitkileri, metabolik kısıtlamalara yol açan kloroplasta CO<sub>2</sub> difüzyonunun azalması yoluyla su eksikliklerinden etkilenen fotosentezin C<sub>3</sub> mekanizmasını sergilemektedirler (Tezara vd., 2002; De Costa vd., 2007). Bu tür kısıtlamaların göreceli etkisi, stresin ortaya çıkışına ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Stres altındaki çay bitkisinde fotosentez mekanizması zarar görür, yaprakların stoma iletkenliği sınırlanır, net fotosentez ve solunum hızında önemli bir düşüş meydana gelir. Kurağa dayanıklı ve hassas çay çeşitlerinin kullanıldığı çeşitli çalışmalar, toprak nem içeriğindeki azalmanın ardından fotosentez ve solunum hızında önemli bir farkın oluştuğunu göstermiştir (Netto vd., 2010; Lin vd., 2014; Maritim vd., 2015).

### *Küresel Isınmanın Önemli Çay Üreticisi Ülkelerde Etkileri*

Dünyada en fazla çay üreten ülkeler ilk beş ülke sırasıyla Çin, Hindistan, Kenya, Türkiye ve Sri Lanka'dır (Şekil 1). Küresel ısınma sürecinden ülkelerin etkilenme dereceleri, buldukları coğrafi konumları, çay bahçelerin bulunduğu arazilerin yer ve yöneyi, rakım durumu, bahçe içlerinde ağaç varlığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu farklılıklar dikkate alınarak çay üreticisi ülkeler ayrı başlıklar altında değerlendirilmiştir.



Şekil 1. 2021 Dünya yaş çay üretim verileri (ton) (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2023).

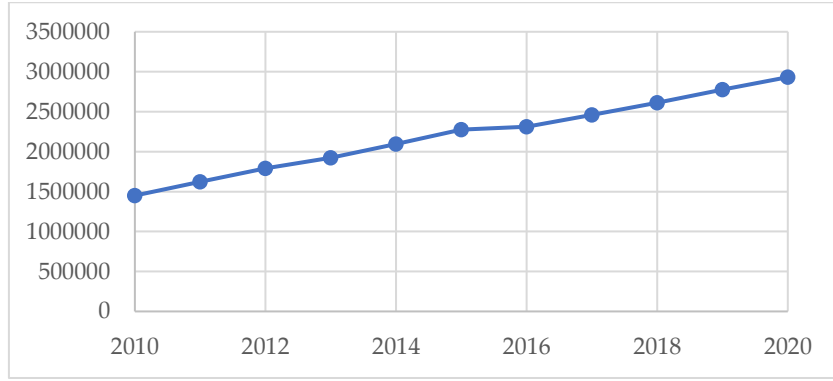
Figure 1. 2021 World fresh tea production data (tons) (FAO, 2023).

### Küresel Isınmanın Çin Çay Tarımına Etkileri

Dünya çay alanı ve üretimi yönünden ilk sırada yer alan ülke Çin'dir. Dünyada 2021 yılında 5.25 milyon hektar alanda çay tarımı yapılmış ve bu alandan alınan ürünle 6.25 milyon ton kuru çay üretimi yapılmıştır (FAO, 2023). Çin, dünya çay bahçesi alanının %64.6'sını üretimin %46.8'ini oluşturmaktadır. Çin'deki çay arazilerinin çoğu alçak tepelerde ve dağlık bölgelerde bulunmaktadır. Çin'de 80 milyon insanın çay endüstrisinde görev aldığı tahmin edilmektedir. Çay, özellikle çay yetiştirilen dağlık bölgelerde küçük çiftçiler için gelir ve istihdam yaratmada kilit bir rol oynamaktadır (Bhagat vd., 2016).

Çin'de mevsimlerin dönemlerinin değiştiği, son 10-15 yılda etkilerin daha belirgin hale geldiği ve değişen iklim olaylarının çayın kalitesinde olumsuz etki yaptığı belirtilmektedir. Önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğinden dolayı çay kalitesinde olumsuz değişimler olacağı ve verimde %40-55 oranında düşüş olacağı tahmin edilmektedir (Boehm vd., 2016). Güneybatı ve Doğu Çin'de, artan sıcaklıklar ve kuraklık olayları nedeniyle çay kalitesinin düştüğü bildirilmektedir (Ahmed vd., 2014; Larson, 2015; Han, vd., 2017). Çin'de, günlük maksimum sıcaklığın 35°C veya üzerine çıktığı aşırı sıcakların daha uzun ve daha sık olacağı tahmin edilmekte, bunun da çay üretimini ve çaya bağımlı yetiştiricilerin geçim kaynaklarını potansiyel olarak tehdit ettiği değerlendirilmektedir (Wang vd., 2012). Dünyada çay alanının yarıdan fazlasına ve üretimin en büyük dilimini oluşturan Çin'de, küresel ısınma etki derecesinde yapılan öngörülerin haklı çıkması durumunda veriminde büyük kayıp meydana gelecek ve bu da dünya çay ihtiyacı ve tüketiminde sorun oluşturacaktır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC), önümüzdeki 50 yılda Doğu Asya'da muson mevsiminin uzun süreceğini öngörülmüştür. Ayrıca, 1980 ve 2011 yılları arasında Çin'de toplanan veriler, muson mevsiminin uzun sürmesinin çay veriminde güçlü bir düşüşe işaret ettiğini göstermektedir (Nowogrodzki, 2019). Hava koşullarındaki bu değişimlerin, temel geçim kaynağının çay tarımı olduğu Çin'deki kırsal bölgeleri olumsuz etkileyebileceği ifade edilmektedir. Bu olumsuz gelişmeler küresel olarak çay pazarlarını ve çay tüketicilerini etkileyecektir (Nemec-Boehm vd., 2014). Son 10 yılı içeren kuru çay üretim grafiğine Çin toplam üretiminde yıllara bağlı olarak artış olduğu görülmektedir. Kısa vadeli olarak Çin kuru çay üretiminde küresel ısınmanın olumsuz etkisi görülmektedir. Beringer vd., (2020) tarafından yapılan araştırma sonuçlarında da belirtildiği şekilde Çin çay üretimi küresel ısınmanın etkisinden geçmiş yıllara bakıldığında olumlu yönde etkilenmiştir (Şekil 2). Bazı araştırmacıların da bahsettiği şekilde etkinin uzun süre sonunda ortaya çıkması muhtemeldir.

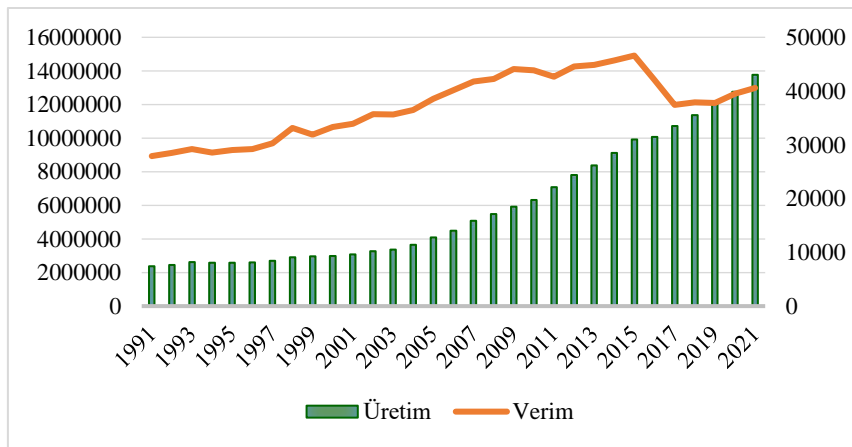


Şekil 2. Çin 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).  
Figure 2. China 2010- 2020 dried tea production (tons) (FAO, 2023).

Küresel ısınma, çay tarım alanlarını daha serin bölgelere doğru genişletiyor gibi görünmektedir. Zamana bağlı yapılan modelleme çalışmanın sonuçları, iklim değişikliğinin Çin'deki çay verimi üzerindeki benzer olumlu sonuçlarını bildirmiştir (Beringer vd., 2020). Ancak etkili uyum stratejileri uygulanmadığı takdirde güney bölgelerde sıcaklık kaynaklı verim kayıplarının daha fazla olması beklenmektedir. Ayrıca, Çin'in subtropikal nemli bölgelerinde Temmuz'dan Eylül'e kadar yaygın olan mevsimsel kuraklık olayları, yeterli miktarda toprak besin kaynağı olsa bile besin alımını sınırlayabileceği ve aşırı sıcaklıkların çay üretimi üzerinde ilave olumsuz etkiler oluşturacağı bildirilmiştir (Ding vd., 2008; Zhu vd., 2011; Lipiec vd., 2013).

Çin'de dört farklı iklime sahip bölgede yapılan çalışmada, bölgelerin zamana bağlı olarak sıcaklık değişimlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yüksek ve subtropikal kesimlerde sıcaklık artışı, tropik ve ılıman iklime sahip alanlardan daha fazla olmuştur. Tüm bölgelerde güneşlenme süresinde ve yağış miktarında azalma meydana gelmiştir. Çay veriminin yıllara göre %20 oranında azaldığı tahmin edilmektedir. Hatta bazı çay bitkilerinin uzun süreli kuraklık nedeniyle öldüğü bildirilmektedir (Bhagat vd., 2016; Lou, 2010). Küresel ısınmanın Çin'de arazi kayıplarını da arttıracığı tahmin edilmektedir.

İklim değişikliği Çin'de, çayda büyüme, gelişme ve verim açısından hem olumlu hem de olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Yüksek kesimlerde sıcaklık artışının olumlu etkileri olduğu görüşüne karşın, kıyı kesimlerde yağmurların azalmasına bağlı olarak su stresi, kalite kaybı, verim azalması meydana gelmektedir. Nitekim Şekil 3'de görüldüğü gibi Çin yaş çay üretim ve verim grafiğinde yıllara bağlı dalgalı bir ilerleme görülmüş fakat çay verimi 2015 yılından sonra keskin bir düşüş yaşamıştır. Bu durum, çay üzerinden geçimini sağlayan üreticiler için ekonomik ve ileriki dönemde sosyolojik sorunlar oluşturabilecektir.



Şekil 3. Çin 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).  
Figure 3. China 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).

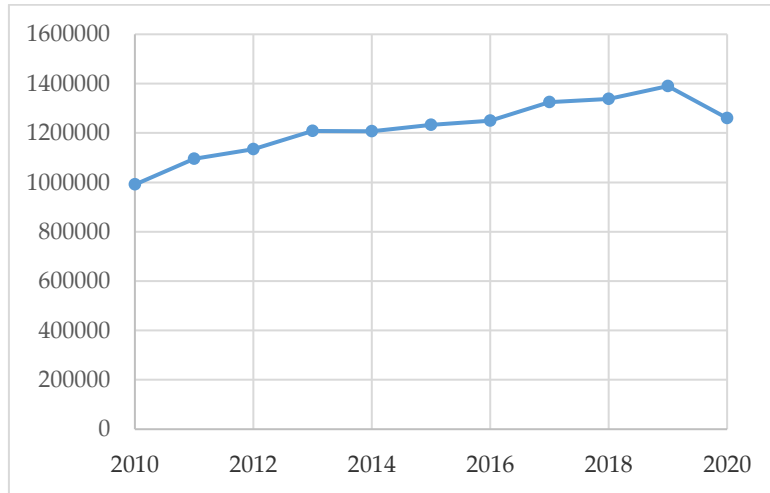
**Küresel Isınmanın Hindistan Çay Tarımına Etkileri**

Hindistan dünyanın en büyük ikinci çay üreticisidir. Ülkede üretilen çayın %80'inden fazlası ülke içinde tüketilmektedir. Hindistan, Assam ve Darjeeling çayları sayesinde küresel çay haritasında önemli bir yer edinmiştir. Hint çay endüstrisi, birçok küresel çay markasına sahip olacak şekilde büyümüş ve dünyadaki teknolojik olarak en donanımlı çay endüstrilerinden biri haline gelmiştir (Bhagat vd., 2016).

Hindistan'da çevre koşullarındaki değişikliklerin çay kalitesini olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir. Yapılan uzun süreli bir trend analiziyle (yaklaşık 100 yıl), Kuzey Doğu Hindistan'daki yağış miktarının, bölgedeki minimum sıcaklıktaki artışla birlikte 200 mm'den fazla azaldığını ortaya konulmuştur. İklim değişikliğinin etkileri, Hindistan'ın tarıma dayalı Assam eyaletindeki geniş bir alanda yüksek ve net bir şekilde görülmektedir. Eğimli arazilerde, özellikle Darjeeling'in tepelerinde yüksek toprak erozyonu ve toprak kaymalarının devam etmesi, toprak verimliliğinin önümüzdeki yıllarda azalması sebep olacaktır (Biggs vd., 2018; FAO, 2019). Hindistan'da iklim değişikliğinin çayın sadece miktarını değil kalitesini de düşürmesi beklenmektedir (Gesimba, vd., 2005; Ahmed vd., 2014; Duncan, vd., 2016).

Kış aylarında uzun süren kuraklık ve/veya son yıllarda periyodik olarak görülen şiddetli yağışlar gibi olumsuz koşullar, ürünün sürdürülebilirliği için tehdit oluşturmaktadır. Bazı bölgelerde olağandan daha uzun kurak dönemler yaşanırken, bazı bölgeler özellikle haziran ile eylül ayları arasında aralıksız yağmurlardan etkilendiğinden yağmurlar tahmin edilemez hale gelmiştir. Çay bahçelerinde su baskını stresi nedeniyle günümüzde %15-20 oranında ürün kaybı rapor edilmiştir (Goswami, 2016).

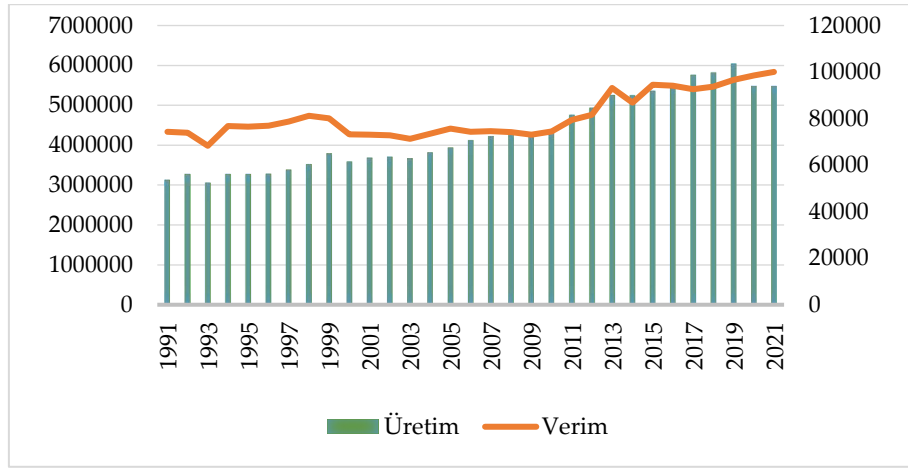
Artan sıcaklıklar ve azalan yağış modelleri, çay üretiminin hem miktarını hem de kalitesini etkileyerek, özellikle küçük çay üreticileri için bir tehdit oluşturacaktır. Çay üreticileri daha sık sel, kuraklık ve zararlı istilasına maruz kalabilir ve bu da verimin azalmasına neden olabilir. Ekonomik ve sosyolojik koşullar ciddi şekilde sekteye uğrayacaktır. Sonuç olarak üreticilerin, küresel çay talebini ve kalite gerekliliklerini karşılamaya devam etmek için mevcut uygulamalarında önemli değişiklikler yapmak zorunda kalacağı bildirilmektedir (Bhagat vd., 2016). Son 10 yılı içeren kuru çay üretim grafiğine bakıldığında son yıllarda üretimde dalgalanmaların olduğu görülmektedir 2020 yılında ise Hindistan toplam üretiminde düşüş olduğu ve bunun sebebinin araştırmacıların da belirttiği şekilde küresel ısınmanın çay tarımına olumsuz etkisinden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Hindistan 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).

Figure 4. India 2010- 2020 dry tea production (tons) (FAO, 2023).

Hindistan çay alanlarında hem eğimli hem düz arazilerde bulunan çayın olumsuz etkilendiği çalışmalarda belirtilmektedir. Sadece sıcaklık artışı değil sıcaklığa ve yağış azalmasına bağlı olarak toprak kaynaklı etkilerde çayda verim ve kalite kaybını beraberinde getirmiştir. Şekil 5'te 2019 yılından sonra Hindistan çay üretiminde azalmanın meydana geldiği görülmüştür. Bunun artan toprak kayması ve bitki kurumalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5. Hindistan 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).  
Figure 5. India 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).

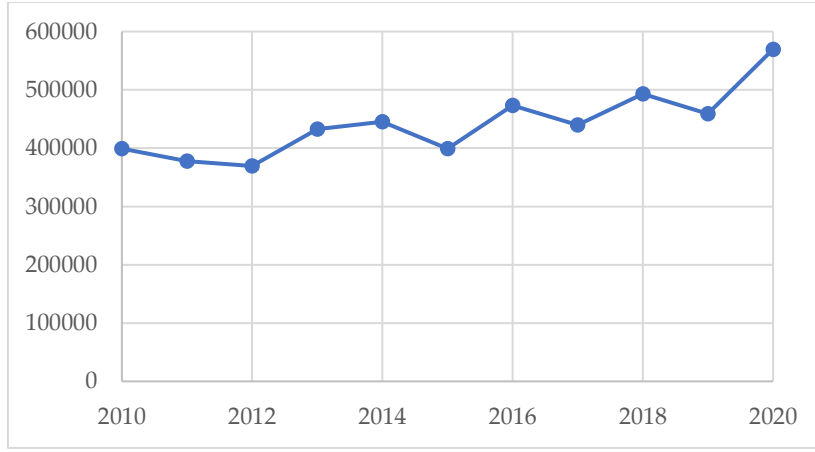
Hindistan çay tarımında verimde artışlar olmasına karşın üretim ve kuru çay üretiminde düşmelerin olduğu bunun da en büyük nedenlerinden bir tanesinin küresel ısınma olduğu söylenebilir.

#### **Küresel Isınmanın Kenya Çay Tarımına Etkileri**

Kenya, çoğunluğu ihraç edilen ve ihracattan elde edilen gelire, toplam milli gelire %20 katkıda bulunan dünyanın üçüncü önemli çay üreticisidir (Azapagic vd., 2016).

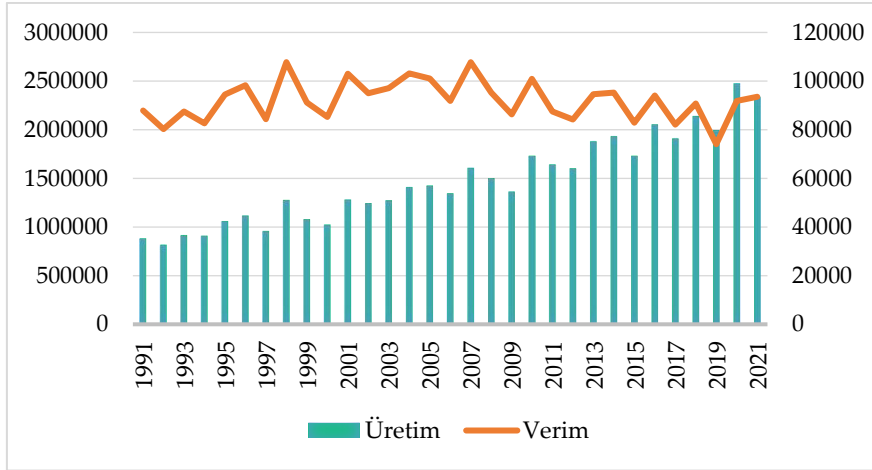
Kenya iklim verileri kullanılarak GIS ortamında oluşturulan haritalara göre, herhangi bir önlem alınmazsa bölge için ortalama hava sıcaklığının 2025'e kadar yaklaşık %2 ve 2075'e kadar %11 artacağını tahmin edilmektedir. Kenya'daki mevcut yetiştirme alanlarında çay tarımına uygun toplam arazi alanının azalacağı; bunun yağış seviyesinden ziyade yağış dağılımından kaynaklanacağı düşünülmektedir. Ortalama hava sıcaklıklarının 23.5°C eşliğinin üzerine çıkması da olası kabul edilmektedir. Ayrıca, halen çay tarımı yapılan alanlar iklim değişikliğinden etkilenerek çay bitkisinin yetişmesi için gerekli optimum sınırların dışına çıkabilecektir. 2075 yılına kadar çay tarımına uygun optimum ekolojik koşulları içeren bölge alanının %22.5 oranında azalması beklenirken, optimum ekolojik koşulları içeren tarımsal alanların 2025 yılına kadar %8 oranında artması beklenmektedir (Muoki, vd., 2020). Doğu Afrika başta olmak üzere dünyada çay yetiştirilen alanların 2050 yılına kadar %55 oranında azalabileceği tahmin edilmektedir (FAO, 2019).

Kenya'da iklim değişikliğine bağlı olarak çay tarımında farklı alanlarda sorunlar meydana gelmiştir. Taze çay yaprak verimindeki dolu zararı ile tahmini kayıp yılda 2.7 milyon kilogramdır (Bore vd., 2011). Yağışların miktar ve yağış rejimi yönünden değiştiği ve bu değişikliklerin çay tarımı için olumsuz nitelikte olduğu belirtilmektedir. Bazı aylar kısa bir süre boyunca yoğun yağış almakta ve ardından uzun süreli kurak dönemler gelmektedir (Duan, 1992). Toprak taban suyunda mevsimlere bağlı olarak artış meydana gelmiştir. Kenya'da don olayı çok daha az görülmeyle birlikte, meydana geldiğinde çok büyük kayıplar meydana getirmektedir. Gölge ağaçlarının dikilmesinin don oluşma ihtimalini azalttığı ve dolayısıyla çay bahçelerinde don zararını azalttığı gösterilmiştir (Bhagat vd., 2016). Kenya farklı iklim olayları sonucunda çay bahçelerinin olumsuz etkilerini yaşayan bir ülkedir. Şekil 6' da kuru çay üretim grafiğine göre yıllara bağlı etki daha net görülmektedir. 5 yıl önce alınan verilerde kuru çay üretim verilerinin yıllara bağlı yakın değerleri elde edilmişken, son 5 yılda değişim daha yoğun yaşanmıştır.



Şekil 6. Kenya 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).  
Figure 6. Kenya 2010- 2020 dry tea production (tons) (FAO, 2023).

Kenya, dünyada Afrika kıtasında en fazla çay üreten ülkedir. Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışı Kenya'da yoğun olarak görülmektedir. Ayrıca dolu ve don zararı kısa süreli ani yağışlar da çay tarımını olumsuz etkilemektedir. Şekil 7'de görüldüğü üzere yıllara bağlı sıcaklık ve yağış dağılımı sebebiyle keskin farklar oluşmaktadır.



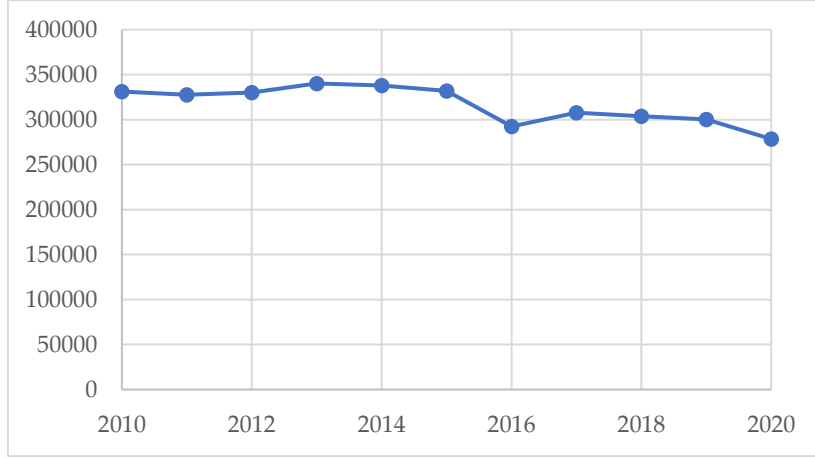
Şekil 7. Kenya 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).  
Figure 7. Kenya 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).

Kenya çay tarımında üretim, verim ve kuru çay üretiminde dalgalanmaların olduğu bunun da en büyük nedenlerinden bir tanesinin küresel ısınma olduğu söylenebilir.

#### Küresel Isınmanın Sri Lanka Çay Tarımına Etkileri

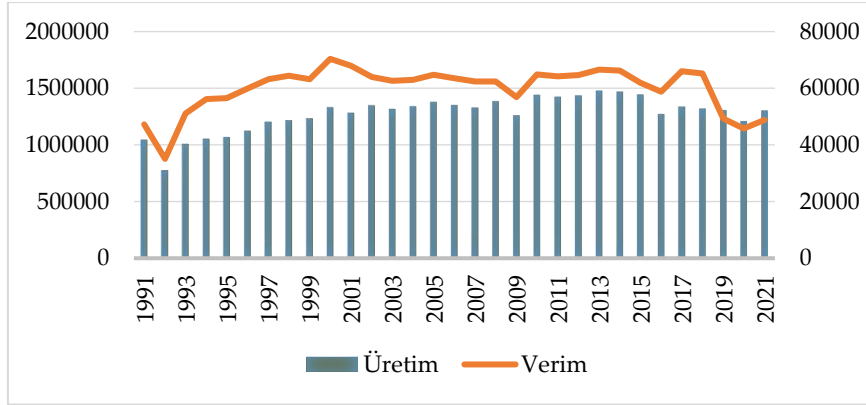
Çay, endüstrisi, ihracat gelirleri ve istihdam olanakları sağlaması açısından Sri Lanka ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır. Bir asırdan fazla bir süre boyunca çay endüstrisi ana istihdam sağlayıcı, döviz kaynağı ve geliri kaynağıdır (Thushara, 2015). Wijeratne vd., (2007), iklim değişikliği üzerine yapmış oldukları çalışmalarda; ürün modeline göre yapılan verim projeksiyonları, artan sıcaklıkların ve azalan yağışların, ülkenin yüksek rakıma sahip yağış alan bölgeleri hariç birçok çay yetiştirme bölgesinde çay verimini azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışma sonuçlarında iklim değişikliği nedeniyle çay veriminin yüksek rakımlarda artacağını, düşük rakımlarda ise verimin muhtemelen düşeceğini öngörmüşlerdir. Jayasinghe ve Kumar (2019), iklim modeli projeksiyonlarını kullanarak, Sri Lanka'nın çay yetiştiriciliği için en uygun bölgelerinin önümüzdeki 30-50 yıl boyunca yaklaşık %10.5'lik bir düşüşe uğrayacağını belirtmişlerdir.

Sri Lanka'daki çay bahçelerinde sulama neredeyse hiç yapılmamaktadır. Bu nedenle, kuru hava koşulları çay bahçelerinde önemli düzeyde kayıplara neden olmaktadır (De Costa vd., 2007). 1992 yılında kuru hava nedeniyle mali kaybın yaklaşık 70 milyon ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Kuraklık etkileri, kötü toprak koşullarına sahip daha sıcak bölgelerde, yani ülkenin alçak ve orta çay yetiştirme bölgelerinde daha belirgin olduğu bildirilmektedir (Bhagat vd., 2016). Ülkede küresel ısınmanın çayda üretim ve mali kayıplara etkisi Şekil 8'de verilmiştir. 2015 yılı sonrasında Sri Lanka kuru çay üretiminde azalmanın olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Sri Lanka 2010- 2020 kuru çay üretim (ton) (FAO, 2023).  
Figure 8. Sri Lanka 2010- 2020 dry tea production (tons) (FAO, 2023).

Sri Lanka, dünya çay üretim verilerinde son yıllara kadar dördüncü sırada iken en son verilerde beşinci sıraya düşmüştür. Bunun sebebinin küresel ısınmaya bağlı olarak Sri Lanka da verim düşüklüğünün ve yaş çay üretiminde de azalmanın meydana geldiği Şekil 9'da görülmektedir.



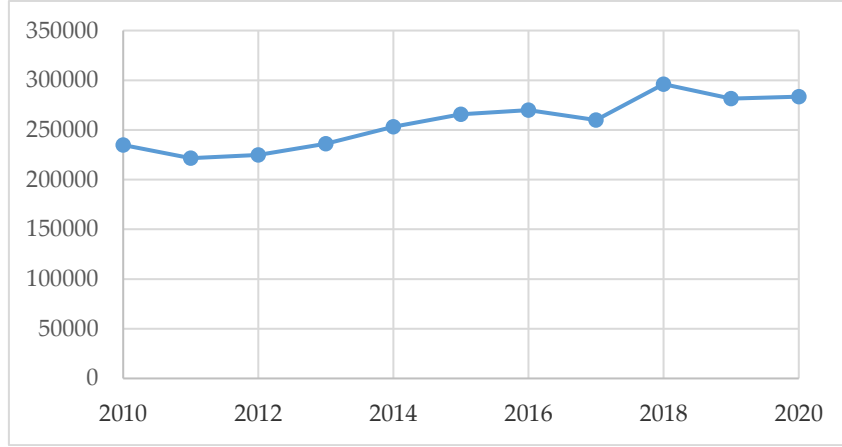
Şekil 9. Sri Lanka 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).  
Figure 9. Sri Lanka 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

Sri Lanka çay tarımında dalgalı üretim artışları olmasına karşın verim ve kuru çay üretiminde düşmelerin olduğu bunun da en büyük nedenlerinden bir tanesinin küresel ısınma olduğu söylenebilir.

#### Küresel Isınmanın Türkiye Çay Tarımına Etkileri

Türkiye, dünyada çayın yetiştirildiği en kuzey bölgede yer almaktadır. Çay, sudan sonra dünya çapında en çok tüketilen içecektir (Otten, 2010). Çin toplam miktar olarak en büyük tüketici ülke olmasına karşın kişi başına çay tüketiminde dünyanın en büyük tüketicisi kişi başına yıllık 6.87 kg ile Türkiye'dir (Karapetyan, 2022). Yıldız ve Midilli (2022), Kişi başı tüketim değerinin yüksek olmasının sebeplerini, çayın keyif verici özelliği ile Türklerin damak zevkine yerleşmiş olmasına ve gün içinde defalarca tüketilebilmesine bağlamaktadır. Şekil 10'da kuru çay üretim miktarındaki değişimler verilmiştir.

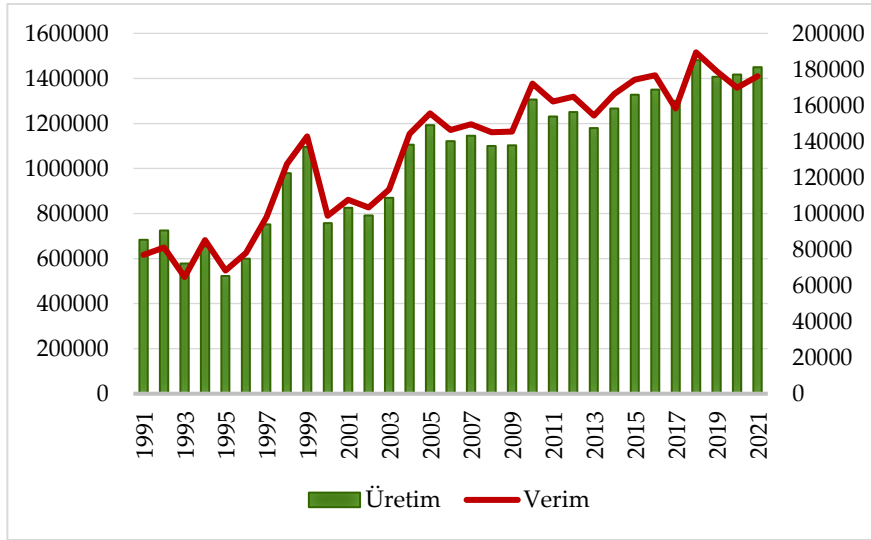
Türkiye’de 10 yıllık zaman zarfında kuru çay üretim artış görülmesine karşın, son 3 yıl içinde düşüş görülmektedir. Küresel ısınmanın da etkisi ile meydana geldiği düşünülen bu durumun, ilerleyen yıllarda devam etmesi kuru çay satış fiyatlarında artışa neden olacaktır. Sonuç olarak Türk vatandaşlarının en fazla tükettikleri içeceği satın alma gücünün azalması kaçınılmaz olacaktır.



Şekil 10. Türkiye 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).

Figure 10. Turkey 2010- 2020 dried tea production (tons) (FAO, 2023).

Türkiye yaş çay üretimi yıllara bağlı dalgalanmalar yaşanmakta ve son yıllarda verim düşüklüğü görülmektedir (Şekil 11). Verim kaybına birçok etken sebep olmakla birlikte küresel ısınmanın da doğrudan ve dolaylı olarak etki ettiği söylenebilir.



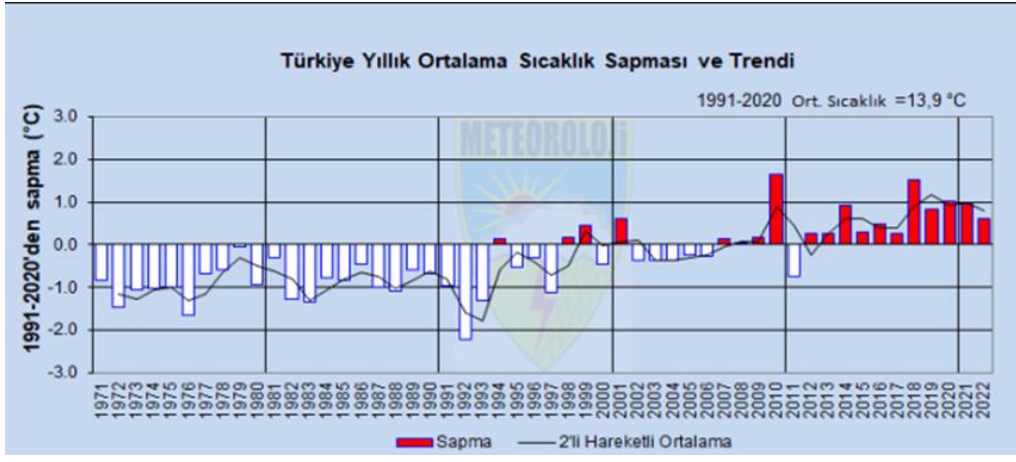
Şekil 11. Türkiye 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).

Figure 11. Turkey 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha<sup>-1</sup>) (FAO, 2023).

### Türkiye Çay Tarım Alanları İklim Verileri

Ülkemizde sıcaklık ortalamaları yıllara bağlı olarak artmaktadır. Türkiye uzun yıllık sıcaklık sapması verilerine göre 2007 yılından itibaren (2011 hariç) sıcaklık ortalamalarında pozitif yönde sapma meydana geldiği, 1991-2020 yılı ortalama sıcaklıkları 13.9°C olarak hesaplandığı belirtilmiştir (Şekil 12).

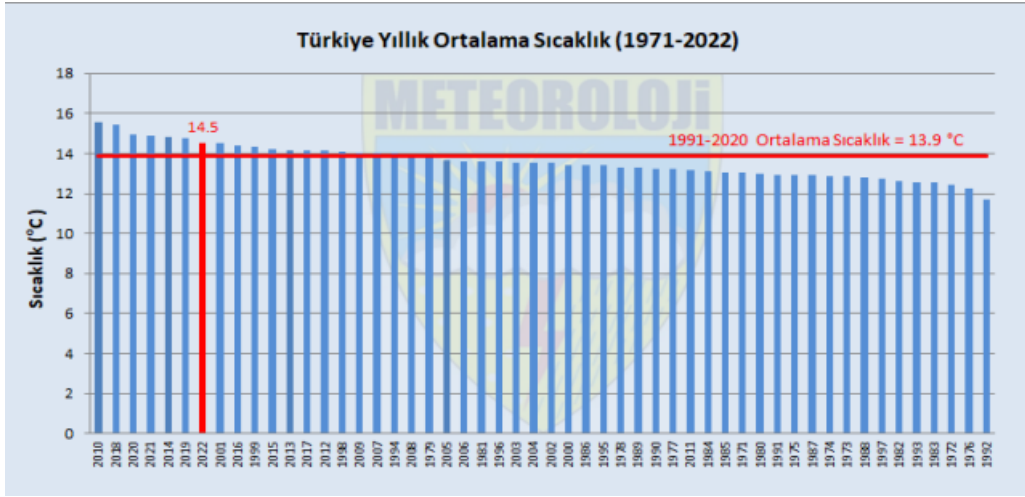




Şekil 12. Türkiye yıllık ortalama sıcaklık farkları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [MGM], 2023).

Figure 12. Türkiye annual average temperature differences (MGM, 2023).

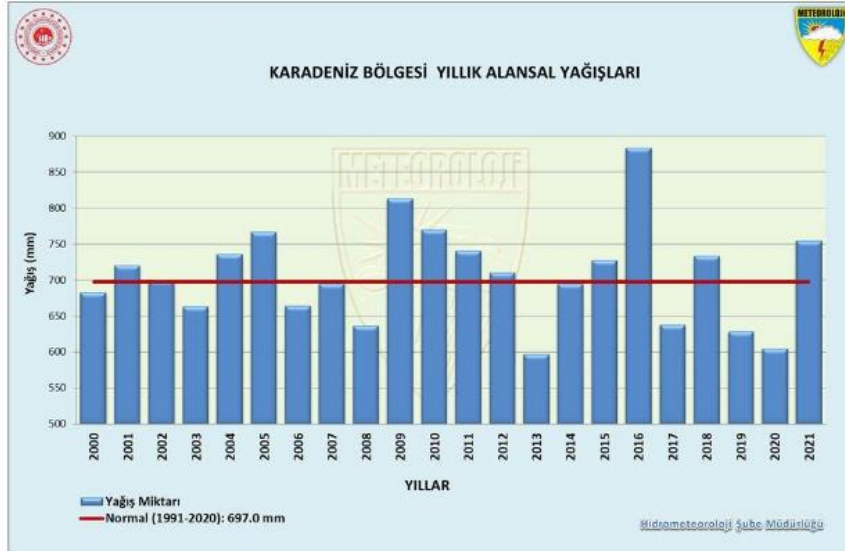
2022 yılı ortalama sıcaklıkları 1971-2022 yılı içerisinde en sıcak yedinci yıl olarak ölçülmüş ve yıllık sıcaklık ortalaması 14.5°C olarak hesaplanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Türkiye yıllık ortalama sıcaklık sıralaması (MGM, 2023).

Figure 13. Türkiye annual average temperature ranking (MGM, 2023).

2022 yılında, Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz sahil şeridi 1000 mm üzerinde yağış alırken, Rize ve Artvin çevresinde yağışlar 1600 mm üzerine çıkmış, bu durum özellikle toprak erozyonuna neden olmuştur. Ülkemiz çay havzasında yağışlı gün sayısı 2022 yılında 125-150 gün üzerine çıkmış bu da özellikle düz alanlarda bulunan çaylıklarda su baskını stresine neden olmuştur (MGM, 2023). Karadeniz bölgesi yıllara bağlı olarak yağış düzensizliği görülen bir bölgedir. 2019-2020 yıllarına uzun yıllık ortalamalara göre az yağış almışken, 2021 yılında yağış miktarında artış görülmüştür (Şekil 14). Fakat yıl içi ortalama artış miktarından ziyade, yağışların yıl içi dağılımı tüm tarım ürünlerinde olduğu gibi çay tarımında da önemli bir faktördür.



Şekil 14. Karadeniz bölgesi 2000-2021 yıllık alansal yağış verileri (MGM, 2023).  
Figure 14. Black Sea region 2000-2021 annual areal precipitation data (MGM, 2023).

Ülkemizde çaylık alan bakımından %65 ve üretici sayısından %63 lük dilime sahip olan Rize ilinde, 1928-2022 ortalama iklim verilerinde ortalama sıcaklıkların en yüksek seviyelere çıktığı zaman diliminin son yılları kapsayan aylar olduğu görülmektedir. Ayrıca yağış dağılımının da düzensiz olarak gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Rize ili 1928-2022 ortalama iklim verileri (MGM, 2023).

Table 1. Rize province 1928-2022 average climate data (MGM, 2023).

| Rize                                       | Aylar |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Yıllık |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |        |
| Ortalama Sıcaklık (°C)                     | 6.8   | 6.8   | 8.1   | 11.7  | 16.0  | 20.3  | 22.9  | 23.3  | 20.3  | 16.4  | 12.3  | 8.8   | 14.5   |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)           | 10.7  | 10.8  | 11.9  | 15.4  | 19.4  | 23.6  | 26.0  | 26.5  | 24.0  | 20.4  | 16.5  | 12.9  | 18.2   |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)            | 3.8   | 3.7   | 4.9   | 8.4   | 12.7  | 16.7  | 19.6  | 20.1  | 16.9  | 13.1  | 9.1   | 5.7   | 11.2   |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)          | 2.2   | 3.1   | 3.6   | 4.6   | 5.7   | 6.6   | 5.4   | 5.2   | 5.0   | 4.2   | 3.0   | 2.2   | 4.2    |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı                | 14.72 | 14.27 | 15.77 | 14.52 | 14.20 | 14.08 | 13.69 | 14.25 | 14.62 | 14.82 | 13.55 | 14.14 | 172.6  |
| Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm) | 232.6 | 185.7 | 161.6 | 95.4  | 96.5  | 134.2 | 150.7 | 196.0 | 258.2 | 294.5 | 253.4 | 243.2 | 2302.0 |
| En Yüksek Sıcaklık (°C)                    | 26.6  | 28.1  | 32.6  | 35.8  | 38.2  | 36.1  | 35.4  | 35.6  | 35.0  | 33.8  | 30.4  | 26.7  | 38.2   |
| En Düşük Sıcaklık (°C)                     | -6.5  | -6.6  | -7.0  | -2.8  | 4.0   | 7.8   | 12.0  | 13.4  | 4.6   | 2.5   | -2.6  | -4.0  | -7.0   |

1991-2020 ile 2022 yılı sıcaklık ortalamaları (MGM, 2023), karşılaştırıldığında Türkiye'de çay tarımının yapıldığı alanlarda sıcaklık artışının kıyı şeritlerden yüksek rakımlara doğru genişlediği belirtilmektedir. Bu durum, ileriki yıllarda sıcaklık artışına bağlı olarak yağışın azaldığı dönemlerde çay tarımında sulama ihtiyacını doğacağını göstermektedir. Ayrıca sıcaklık artışının ve yağış dağılımında düzensizliklere bağlı olarak çay hasat tarihlerinde, sürgün verimlerinde değişimlerin olacağını öngörülebilir.

Mevsimsel iklim değişkenliklerinin etkisi toplamda olduğu kadar sürgün dönemlerine göre verim ve kalite üzerine etki yapacaktır. Ülkemiz çay alanlarında ilk sürgün hasat döneminde (mayıs) yağış miktarı düşük olmasına karşın, yağışlı gün ve güneşlenme süresi yüksektir. İkinci sürgün hasat döneminde ise (temmuz) yağış miktarı ilk sürgün hasat dönemine göre yüksek olmasına karşın yağışlı gün ve güneşlenme süresi daha düşüktür. Bu durum çay bahçelerinin topoğrafik konumu, rakımı ve çay bahçesinin yaşına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekle beraber su baskını stresi ve kuraklık stresine neden olabilir ayrıca güneşlenme süresinde azalma çayın kalitesinde olumsuzluğa sebep olabilir.

#### ***Küresel Isınmanın Türkiye Çay Tarım Alanlarında Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar***

Türkiye'nin içinde bulunduğu bölgenin su kıtlığı, kuraklık ve toprak erozyonu sorunları ile karşı karşıya olması, Türkiye'yi küresel ısınmanın zararlı ve şiddetli etkilerini en önce yaşayacak ülkeler arasına sokmaktadır (Doğan, 2005). 1991-2012 yıllarında sıcaklık değişimlerini referans alarak yapmış oldukları gelecek dönem projeksiyon çalışmasına göre, 2021-2050 dönemi için Türkiye'de ortalama sıcaklığın 0.15-1.20°C aralığında artacağı öngörülmektedir. Ayrıca, yağışsız gün sayısında ve kurak dönem sıklığında artış olacağı tahmin edilmektedir (Karapınar vd., 2020).

Bölgesel iklim modeli tahminlerine göre, Türkiye'de çay üretiminin yapıldığı her mevsim yağışlı nemli ılıman bir iklimle nitelenen hatta okyanusal bir ikliminin görüldüğü Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, günümüz iklimine göre gelecekte daha çok yağış alacağı öngörülmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde kış yağışlarında artışlar gerçekleşebilir. Buna göre, farklı senaryo ve model sonuçlarının da gösterdiği gibi, Türkiye'de gelecekte bazı mevsimlerde günümüze göre daha yağışlı ve yağışların özellikle topografyanın da etkisiyle çoğunlukla sağanak ve gök gürültülü sağanak yağışlar şeklinde gerçekleşebileceği; ülkenin Doğu Karadeniz bölümlerinin de, sel ve taşkınlar ile bunlara bağlı olarak etki ve sıklıkları artabilecek olan kütle hareketlerinden ve arazi bozulumundan daha fazla etkilenebileceği beklenmelidir (Turp vd., 2014).

Sıcaklıktaki artış, kimyasal gübrelerden besin maddelerinin salınması için gereken süreyi ve yararı azaltırken, topraktaki organik maddenin mikroorganizmalar tarafından tüketilmesini hızlandırmaktadır. Yoğun günlük yağış, verimli üst toprakları ortadan kaldıran şiddetli sellere veya toprak kaymalarına neden olabilmektedir (Bhagat vd., 2016). Dünyada çay tarım alanlarında görülen sorunlar, iklim değişikliğinin etkileri daha yoğun hale geldikçe Türkiye'de de görülecektir. Ayrıca Türkiye'de çay tarım alanlarında toprakla ilgili en önemli sorun düşük pH seviyesidir. Asitli toprakların rehabilitasyonu önemli bir küresel sorundur. Önlem alınmazsa iklim değişikliği sonucu görülecek aşırı yağışlar toprak asitliğini daha da arttıracaktır. Kuraklık, sel ve çok soğuk veya sıcak hava gibi ekstrem iklim olayları, çay üretimi ve sürdürülebilir kalkınma için ciddi sorunlara neden olacağı öngörülmektedir (Yazıcı, 2021).

Beringer vd., (2020), yapmış oldukları LPJmL ürün modeli çalışma sonuçlarına göre farklı sıcaklık senaryolarını ele alarak su stresine maruz kalmayan çaylıkların küresel ısınmaya bağlı olarak CO<sub>2</sub> miktarının da artışı ele alındığında verimlerinde artış meydana gelebileceğini ve Türkiye'nin de verim artışı olacak ülkeler arasında olduğunu ortaya koymuşlardır.

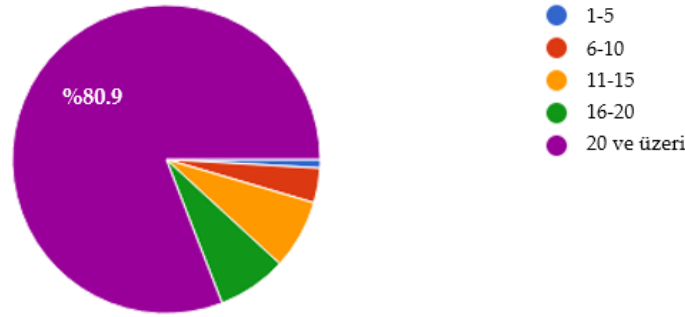
İklim değişikliği aşırı meteorolojik olaylarda artışa, daha sıcak ve daha az yağışlı iklim koşullarına, su kaynaklarında azalmaya, kuraklık şiddetinde artışa, su ve toprak kalitesinin bozulması, ekosistemin bozulması, biyolojik çeşitliliğin azalması, ekolojik alanların kayması, çay üretiminin ve kalitesinin düşmesi, haşere ve hastalıkların artması, gübreleme sorunları, tarım ilaçları ve sürdürülebilir çay tarımı sorunları, mevcut veya yeni çay zararlılarının gelişmesine ve yayılmasına yol açarak çay tarımını tehdit edebilir. Bu nedenle, dünya çay tarımında olduğu gibi Türkiye'de de çay tarımında iklim değişikliğine

karşı gerekli önlemlerin alınması önemlidir. Bu bağlamda, iklim değişikliğinin gözlenen ve tahmin edilen etkilerine karşı çay ürünü arzını sürdürülebilir kılmak için alınması gereken önlemler gen kaynaklarının korunması, ıslahı, kuraklığa, sıcağa, dona, hastalık ve zararlılara dayanıklı çeşitlerin seçimi, toprak yönetimi, ekosistem yönetimi, hastalık ve zararlı yönetimi, su yönetimi, atık yönetimi, eski ve verimsiz çay bahçelerinin yenilenmesi ve gençleştirilmesi, altyapı iyileştirme çalışmalarının kısa, orta ve uzun vadeli planlanması ve bu sorunlar üzerinde gerekli tarım politikalarının ivedilikle belirlenmesi gerekmektedir (Yazıcı, 2021).

### Türkiye Çay Havzasında Üreticiye Yönelik Anket Çalışması ve Sonuçları

Çay üreticilerinin küresel ısınma konusunda farkındalıklarını ölçmek, çay bahçelerinde küresel ısınmanın etkilerini anlamak ve alınabilecek tedbirleri yorumlamak adına üreticilere farklı sorular Google forms vasıtasıyla yöneltilmiştir.

Ankete katılan katılımcıların %80.9'u, 20 yaş ve üzeri çaylığa sahip olduğunu, % 0.9'u 1-5 yaş aralığına sahip çaylıklarda üretim yaptıklarını belirtmiştir (Şekil 15). Bu veri üreticilerden daha güvenilir gözlem ve bilgilerin alındığının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.



Şekil 15. Çaylıklara ait yaş aralığının dağılımı.  
Figure 15. Distribution of the age range of the tea garden.

ÇAYKUR (Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü) bünyesinde kayıtlı üreticilerin yedi yılda bir çayda budama yapması zorunludur. Katılımcıların ise %98.2'si gençleştirme budaması yapmakta olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 2). Bu durum, özel sektöre çay veren üreticilerin de ankete katıldığını göstermektedir. Budama ile çay hem verim artışı sağlamakta hem de güçlenmektedir. Bu sayede stres koşulların dayanımı da artmış olabilmektedir.

### Çizelge 2. Çay üreticilerine yöneltilen bazı sorular ve yanıtların dağılımları.

Table 2. Some questions asked to tea producers and distribution of answers.

| Sorular   | Yanıtların % dağılımları |       |
|---|--------------------------|-------|
|   | Evet                     | Hayır |
| Çaylıkta gençleştirme budaması yapıyor musunuz?                         | 98.2                     | 1.8   |
| Çaylıkta geçmiş yıllara oranla verimde azalma görüldü mü?               | 70.9                     | 29.1  |
| İkinci ve üçüncü sürgün veriminde azalma oldu mu?                       | 80.9                     | 19.1  |
| Çaylıkta çiçek ve tohum oluşumu geçmiş yıllara oranla arttı mı?         | 39.1                     | 60.9  |
| Çaylıkta ilk sürgün hasat geçmiş yıllara oranla erkene geliyor mu?      | 38.2                     | 61.8  |
| Çaylıklarınızda aşırı yağışlar sebebi ile toprak erozyonu yaşadınız mı? | 55.5                     | 44.5  |
| Son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldü mü?                             | 50.9                     | 49.1  |

Üreticilerin %70.9'u çaylıklarında verimde azalma olduğunu, %80.9'u ikinci ve üçüncü sürgün veriminde azalmanın daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 2). Sıcaklık artışı ve kuraklık bitkilerde verim ve kaliteyi olumsuz engelleyen bir abiyotik stres faktörüdür. Çay, çok yıllık bir bitki olması yıllara bağlı

olarak köklerinin bulunduğu ortamda suyu aramak için gelişmesine olanak sağlamıştır. Fakat uzun süren kuraklıklar verim kaybına sebep olmaktadır. Kurak koşullar bitkide öncelikli olarak gövde uzamasını azaltarak suya ulaşmak için kök uzamasını arttırmakta kuraklığın devam ettiği ileriki dönemde ise gövde ve kökte gelişimin durduğu yaprak alan ve sayısının azaldığı belirtilmektedir (Anjum vd., 2011). Hava sıcaklığının artışının hasat periyodlarının artışı ile doğru orantılı olmasına paralel olarak alçak kesimlerde verim kaybı yaşanmış olabilmesine karşın, yüksek rakımlarda bu durum verimi artırıcı etki yapmış olabilir. %29.1 oranında verimde azalma olmadığını beyan eden üreticilerin çaylıklarının yüksek rakımlarda olabileme ihtimali mevcuttur (Çizelge 2). İleriki çalışmalarda küresel ısınmanın etkilerine yönelik verim ve rakım karşılaştırılması konunun daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

Katılımcıların %60.9'u çaylıkta çiçek ve tohum oluşumunun geçmiş yıllara oranla artmadığını belirtmişlerdir (Çizelge 2). Nitekim araştırmacılar da kuraklığın generatif organlarda özellikle çiçeklenme ve tohum oluşumu döneminde olmasının, meyve kaybına sebep olduğunu belirtmektedirler (Farooq vd., 2009).

Katılımcıların %61.8'i çaylıkta ilk sürgün hasat tarihinin geçmiş yıllara oranla erken döneme gelmediğini belirtmişlerdir (Çizelge 2). Yazıcı (2021) çalışmasına göre son üç yılın ve 2022 yılının benzer tarihlerde ilk sürgün hasat gerçekleşmiştir. Son 20 yıl karşılaştırıldığında hasat tarihlerinde hava sıcaklığına da bağlı olarak değişimler mevcuttur.

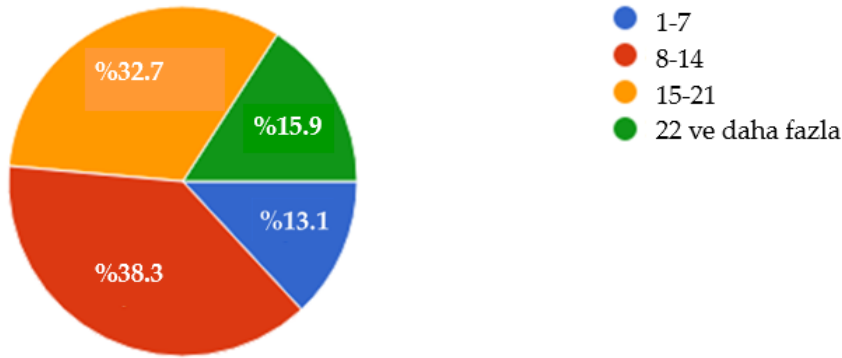
Ankete katılanları %55.5'i çaylıklarında aşırı yağışlar sebebi ile toprak erozyonu (kayması) yaşadığını belirtmiştir (Çizelge 2). Bu durum katılımcıların yarısından fazlasını ifade ettiği için büyük bir sorun olarak belirtilebilir. Küresel ısınmanın bir sonucu düzensiz ve kısa küreli ani ve bol yağışlardır. Bu durum tarımda birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Eğimli arazilere sahip Doğu Karadeniz'de toprak erozyonunda artışlar görülmeye başlamıştır. Özyazıcı vd., (2014) çay tarım arazilerinin %70'inden fazlası su erozyonu, yetersiz toprak derinliği ve yetersiz drenajdan kaynaklanan sorunlarla karşı karşıya bulunduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bu anketten çıkan sonuçlar araştırmaların sonucu ile örtüşmektedir.

Bir diğer soru olan "Son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldü mü?" sorusuna katılımcıların %50.9'u son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldüğünü belirtmiş ve bunun sebebi olarak çoğunlukla «Arazinin su tutmaya başlaması, kuraklık, iklim değişikliği, yağış yetersizliği, çaylığın yaşlanması, aşırı kimyasal gübreleme ve gübrenin yanlış verilmesi, havaların zamansız ısınma ve soğuması» yanıtlarını vermişlerdir (Çizelge 2).

Katılımcılara sorulan "Küresel ısınma (mevsim değişikliği) denildiğinde ne anlıyorsunuz?" sorusuna üreticiler «Kuraklık», «Yaşam şartlarının bitkiler, insanlar ve hayvanlar için değişmesi», «Mevsimlerin başlaması gereken zamandan geç başlamamalarını. Kışların daha ılık geçtiğini, yazların daha sıcak olmasını anlamaktayım», «Sıcaklık ve iklimin ani değişmesidir. Bu ve benzeri faktörlere bağlı olarak canlıların yaşam şartlarının değişmesi ya da yok olmasıdır», «Çeşitli zararlı gazların bilerek veya bilmeyerek insanlar tarafından atmosfere salınması sonucu denge bozularak iklim değişikliğine neden olmaktadır», «Mevsimlerin ortalama sıcaklık derecelerinin değişmesi», «Aşırı sıcaklık ve soğukluk, su kaynaklarının azalması, med-cezirlerin oluşması, kuraklıkların oluşması, yangınların oluşması», «Mevsim değişikliği, mevsim zamanlarında kayma, düzensiz yağmur ve buna bağlı olarak su baskınları ve heyelanlar, bitki örtüsünde ve ürün verimliliği ile hasadında değişiklikler ve sapmalar ile kuraklık gibi hususlar aklıma gelmektedir.», «Kışın yağmayan kar; yazın bitmeyen yağmur» , «Gereksiz zararlı gazların atmosfere ulaşması nedeniyle oluşan kirlilik yüzünden oluşan iklim değişiklikleri kuraklık, çölleşme, yağışlardaki dengesizlik ve sapmalar, su baskınları, tayfun, fırtına, hortum vb. meteorolojik olaylarda artışlar gibi belirtilerle kendini mevsimlerde değişiklik göstermesi» şeklinde yanıtlar vermişlerdir. Katılımcıların birçoğunun küresel ısınma konusunda bilgili ve bilinçli olduğu yanıtlardan anlaşılmaktadır.

"Geçmiş yıllarda ilk sürgün çayı en erken ne zaman hasat ettiniz?" sorusuna genel olarak En erken 5 Nisan ve Nisanın 3. ve 4. haftası olacak şekilde cevaplar verilmiştir. Soruya bağlantılı olarak "İlk sürgün

hasat zamanları arasında yıllara göre kaç günlük fark oluştu?" şeklindeki soruya yoğunluk iki (8-14 gün) ve üç haftalık (15-21 gün) fark oluştuğu yönünde yanıt verilmiştir (Şekil 16). Katılımcıların ankette belirtmiş olduğu fark yıllara bağlı olarak çayda üç sürgün hasat tarihlerinde de kendini göstermektedir. Mevsim değişiklikleri ve küresel ısınmanın da etkisiyle çay hasat tarihlerinde yıllara bağlı olarak değişiklikler görülmektedir. Çayın optimum sıcaklık isteği karşılandığında gözler uyanmaya ve sürgünler büyümeye başlamaktadır. Buda yıllara bağlı hasat tarihlerindeki değişimin nedenini ortaya koymaktadır. Yazıcı (2021), 2003-2021 yılları arasında ilk sürgün hasat tarihinin 27 Nisan ve en geç ilk sürgün hasat tarihinin de 29 Mayıs olduğunu belirtmiştir. Türkiye iklim koşullarında erken ilkbaharda görülen yüksek sıcaklıklar, hasat dönemlerinin kaymasına, erken hasada, diğer çay yetiştirilen ülkelerde olduğu gibi daha fazla hasat yapılmasına ve işlenmiş taze çay kapasitesinin artmasına neden olabileceği, ancak yağışın azalması yanında sıcaklığın artmasının çayın verimi ve kalitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceği araştırmacı tarafından belirtilmiştir.



Şekil 16. Çay üreticilerinin yıllara göre hasat tarihlerinde oluşan farklılıklar.

Figure 16. Differences in harvest dates of tea producers according to years.

"Sizin gözlemlerinizde küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkileri nelerdir?" sorusuna «Verim ve kalite düşüşü», «Yanma-kuruma», «İlk sürgünün başlangıcın da gecikme olması, bu gecikmeye bağlı olarak 3. sürgünde ürün kaybı», «Şu an olumsuz bir etki ile karşı karşıya kalmadık. Hatta önceden rakımı yüksek arazilerde 3. sürgün çay az oluyordu. Son yıllarda 3. sürgün sonrası bile çaylar filizlenmeye başladı.», «Düzensiz, aşırı ve uzun süren yağmurlar nedeniyle yabancı ot istilası da verimi azaltmıştır.», «3. sürgün soğuk havalara denk geldiği için özellikle üründe azalma olmuştur.», «Toprağın gereğinden fazla yıkanması», «Küresel anlamda bence çayın etkilenmediğini düşünüyorum aksine aşırı soğuk ve yağışların çayı olumsuz etkilediğini düşünüyorum», «Çayda çeşitli hastalıklar oluşmaya başladı ve de çay hasat zamanı ve iki sürgün arasındaki fark azaldı» yanıtları gelmiştir. Genel olarak küresel ısınmanın sıcaklık artışı şeklinde değil, yağışların artışı ve ilkbaharda havaların serin gitmesi yanıtları gelmiş, yazın sıcaklık yükselişinin ise yüksek rakımlarda çay verimini yükselteceği konusu yeni çay alanlarının yüksek rakımlarda çay bahçesi tesisi yönünde genişlemeye olanak sağlayacağı öngörüsü ortaya atılmıştır. Katılımcıların çaylıklarının alçak veya yüksek rakımda bulunması etki dereceleri ile de eşdeğerdir. Bu nedenle rakıma göre çaylığın uğradığı hasarı anlamakta yarar vardır.

"Küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkilerine karşı ne gibi önlemler alıyorsunuz?" sorusuna çok farklı yanıtlar gelmiştir. «Alabileceğimiz bir önlem olmadığını düşünüyorum Tek önlem verdiğimiz gübreler onun haricinde organik ahır gübresi verilebilir ve budamada zaten yapıyoruz.», «Çevre temizliğine dikkat ediyorum çevreye zarar verecek maddeleri en aza indirdim doğaya zarar vermeyen gübre kullanıyorum.», «Hayvansal gübre, organik gübre gibi daha doğal yöntemlerle çay bitkisinin daha çok besin almasını sağlamaya çalışıyoruz. Bu tarz bakımlar toprağın su tutma kapasitesinin artmasına sebep oluyor.», «Ağaçlandırma.», «Yetkililer bize bir bilgi

vermedi, bir çalışma yapılmadı, hiç bir şey yapmadım.», «Çay bahçeleri yapılırken drenaj sorunu çözülmeli ve uygun arazide (heyelan vs. olması düşük) bahçe kurulmalıdır. Sıkça yabancı ot temizliği yapılarak çay bitkisinin yeterli besini alması sağlanmalıdır. Çay setleri arasındaki boşluklar azaltılmalıdır. Toprağa ve yöreye uygun, dayanıklı çay bitkisi çeşitleri tespit edilerek dikilmelidir. Yeni kurulacak bahçelerde, yer şekline, arazi uygunluğuna, bitki çeşidinin uygunluğuna dikkat edilerek profesyonel bahçeler oluşturulmalıdır. Üretici bilinçlendirilmeli, gelişigüzel, uygun olmayan yer ve alanlarda bahçe kurulmamalıdır.», «Budama sonrası toprağın havalandırılması, suni gübrenin azaltılması», «Çay lifi sererek çay kök kısımlarının daha serin ve ıslak kalmasını», «Deniz seviyesinden oldukça yüksek yerde ikamet etmekle birlikte (ormana yakın) yok olan ya da yok ettiğimiz ağaçlar yerine yeni ağaçlar dikerek. Ayrıca suyu daha dikkatli kullanmaya özen göstermekteyiz.», «Çaylıkların gençleştirilmesi.», «Hiçbir önlem alamıyoruz.» (Çoğunluk bu cevabı vermiştir.). Herhangi bir bilgilendirme yapılmamasın rağmen birçok üreticinin çay tarımın küresel ısınma konusunda zarar görmesini engellemek amacıyla farklı da olsa doğru yöntemler kullandığı anlaşılmaktadır.

Çay, çok yıllık herdem yeşil bir bitki olduğundan, bu durumun yıllara bağlı olarak çaylıkların farklı sıcaklık değişiklerine karşı adaptasyon yeteneklerinin de geliştirebilmektedirler. Bitkiler, olumsuz çevre koşullarına karşı bünyelerinin en az zarar görecektir şekilde büyüme ve gelişme mekanizmalarını esnetebilir ve hatta aynı stres koşullarına uzun süre maruz kaldıklarına zarar derecesini minimum düzeyde tutacak şekilde çevre koşullarına adaptasyon sağlayabilirler (Dolferus, 2014.) Ülkemizde ilk çaylıklar 1937 yılında kurulmaya başlanmıştır. Farklı çevre şartlarına yıllarca maruz kalan çaylıklar olumsuz koşullara adaptasyon sağlamış olabilir. Bu durum küresel ısınmanın zarar derecesini tamamen ortadan kaldırmayacak olsa da etki derecesini azaltacak bir pozitif gelişimdir. Her yıl yeni çaylıklar tesis edilmeye devam etmektedir. Yeni kurulan bahçeler kuraklığa karşı daha hassas durumdadır ve etkilenme yönünden tehlike altındadır. Eski bahçelerdeki dayanıklılık görüntüsünün yeni kurulacak bahçeler için de geçerli olduğu düşünülmemelidir. Kurulacak çaylıkların geliştirilmiş ve geliştirilecek kuraklığa (abiyotik strese) tolerant çay çeşitleri ile kurulması gerekmektedir.

## SONUÇ

Çin, Hindistan, Kenya ve Sri Lanka'da geçmiş yıllara oranla çay üretim alanlarının ve özellikle verimin azalmasında küresel ısınmanın etkisinin deniz seviyesi ile yüksek rakımlara göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Çin dünya çay tarımında açık ara ilk sırayı almasına karşın, küresel ısınmanın etkisi ile azalan verime karşı alması gereken tedbirler dünya çay üretim miktarı açısından çok büyük önem arz etmektedir. Kenya'da iklim koşulları sebebiyle yok olmaya başlayan çaylıklar sebebiyle küçük çaplı üreticilerin gelirinin azalması yanında ülke ekonomisi açısından ciddi boyutta etkiler yapabileceği öngörülebilir. Hindistan ve Sri Lanka'daki çay üretimlerinde de hem sıcaklık artışı hem de yağış azalmaları sebebi ile düşüş miktarının artacağı öngörülmektedir.

Çay tarımında söz sahibi olan diğer üretici ülkeler ile karşılaştırıldığında Türkiye küresel ısınma konusunda en kuzeyinde yer alan ülke olması sebebi ile avantajlı konumdadır. Bu avantajı kullanabilmek için düz ve düze yakın çaylıkların su baskını stresine dayanıklı çeşitler ile kurulması ve drenaj sistemi tesis edilmesi gerekmektedir. Çaylıkların teras (set) şeklinde kurulması zorunlu tutulmalı, bu şekilde toprak erozyonu önlenmelidir. Budaması yapılan çaylıkların çapalanarak organik gübre, çay lifi ve tarım kireci uygulaması konusunda üretici teşvik edilmelidir. Ticari gübrenin önerilenden fazla atılmasının zararı ve küresel ısınma konusunda üreticiler bilgilendirilmelidir. Tüm bu önlemler yeni görülmeye ve yoğunluğu artmakta olan hastalık ve zararlıları da engelleyecektir.

Stres koşullarına dayanıklı (su baskını stresi, kuraklık stresi) çeşitlerin elde edilmesine yönelik ıslah çalışmaları yapılmalıdır. Yüksek rakımlardaki çay yetiştiriciliğinde verim ve kalitenin küresel ısınma ile arttığı düşünülmektedir. Ankete katılan üreticilerin ve Türkiye çay alanlarında küresel ısınmaya bağlı olarak oluşan etkilerin daha iyi anlaşılması için rakım farklarına bağlı olarak yapılacak yeni çalışmalara da ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemizde çay konusunda halen devam eden araştırmaların biyotik ve abiyotik stres konularıyla birlikte detaylandırılarak yapılmasında büyük yarar görülmektedir. Türkiye'de çay tarımı coğrafi ve iklim yönünden uygunluğuyla Doğu Karadeniz bölgesinin tarım desenine ve sosyo-

ekonomik yapısına etki yapan en önemli faktördür. Bölgede çayı sürdürülebilir kılmak tüm paydaşların ortak hedefi olmalıdır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZAR KATKISI

Songül YILDIZ ve Muharrem ÖZCAN makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, S., Stepp, J. R., Orians, C., Griffin, T., Matyas, C., Robbat, A., Cash, S., Xue, D., Long, C., Unachukwu, U., Buckley, S., Small, D., & Kennelly, E. (2014). Effects of extreme climate events on tea (*Camellia sinensis*) functional quality validate indigenous farmer knowledge and sensory preferences in tropical China. *Plos One*, 9(10), e109126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109126>
- Ahmed, S., Griffin, T. S., Kraner, D., Schaffner, M. K., Sharma, D., Hazel, M., Leitch, A. R., Orians, C. M., Han, W., Stepp, J. R., Robbat, A., Matyas, C., Long, C., Xue, D., Houser, R. F., & Cash S. B. (2019). Environmental factors variably impact tea secondary metabolites in the context of climate change. *Frontiers in Plant Science*, 10(939). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00939>
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stres. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- Azapagic, A., Bore, J., Cheserek, B., Kamunya, S., & Elbehri, A. (2016). The global warming potential of production and consumption of Kenyan tea. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4031-4040. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.029>
- Baruah, P., & Handique, G. (2021) Perception of climate change and adaptation strategies in tea plantations of Assam, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 165. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08937-y>
- Beringer, T., Kulak, M., Müller, C., Schaphoff, S., & Jans, Y. (2020). First process-based simulations of climate change impacts on global tea production indicate large effects in the world's major producer countries. *Environmental Research Letters*, 15, 034023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab649b>
- Bhagat, R., Ahmed, K. Z., Gupta, N., Baruah, R. D., Wijeratne, M. A., Bore, J. K., Nyabundi, D. W., Han, W., Li, X., Yan, P., & Ahammed, G. J. (2016) Report of the Working Group on Climate Change of the FAO Intergovernmental Group on Tea; Technical Report for Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/i5743e/i5743e.pdf>
- Biggs, E. M., Gupta, N., Saikia, S. D., & Duncan, J. M. A. (2018). Tea production characteristics of tea growers (plantations and smallholdings) and livelihood dimensions of tea workers in Assam. *India. Data in Brief*, 17, 1379-1387. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.02.056>
- Boehm, R., Cash, S. B., Anderson, B. T., Ahmed, S., Griffin, T., Robbat, A. J., Stepp, J. R., Han, W. Y., Hazel, M., & Orians, C. M. (2016). Association between empirically estimated monsoon dynamics and other weather factors and historical tea yields in China: Results from a yield response model. *Climate*, 4, 20. <https://doi.org/10.3390/cli4020020>
- Bore, J. K., Cheserek, B. C., Ng'etich, W. K., & Yegon, S. K. (2011). An analysis of the incidences of hail damage in tea areas of Kenya. *Tea*, 32(1), 15-20
- De Costa, W. A. J. M., Mohotti, A. J., & Wijeratne, A. M. (2007). Ecophysiology of tea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 299-332. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400005>
- Ding, Y., Wang, Z., & Sun, Y. (2008) Inter-decadal variation of the summer precipitation in East China and its association with decreasing Asian summer monsoon Part I: observed evidences. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 28, 1139-61. <https://doi.org/10.1002/joc.1615>
- Doğan, S. (2005). Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinde rolü ve önleyici küresel çabaya katılım girişimleri. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 57-73.
- Dolferus, R. (2014). To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Science*, 2229: 247-261. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.10.002>



- Duan, L. (1992). Investigations on the physiology of tolerance in plantation crops. Effects of water stress on the growth of tea plants. *Tea Science and Technology Bulletin*, 1, 12-15
- Duncan, J. M. A., Saikia, S. D., Gupta, N., & Biggs, E. M. (2016). Observing climate impacts on tea yield in Assam, India. *Applied Geography*, 77, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.10.004>.
- Esham, M., & Garforth, C. (2013). Climate change and agricultural adaptation in Sri Lanka: a review. *Climate and Development*, 5, 66-76. <https://doi.org/10.1080/17565529.2012.762333>
- FAO (2019). Food and Agricultural commodities production database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://faostat.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Access date: 22.11.2021].
- FAO. (2023). Food and Agricultural commodities production database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Access date: 02.11.2023].
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture*, 29, 185-212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
- Gesimba, R. M., Langat, M. C., Liu, G., & Wolukau, J. N. (2005). The tea industry in Kenya; The challenges and positive developments. *Journal of Applied Sciences*, 5, 334-336. <https://doi.org/10.3923/jas.2005.334.336>
- Goswami, R. (2016). Climate map rings Assam tea alarm. <https://www.telegraphindia.com/states/north-east/climate-map-rings-assam-tea-alarm/cid/1414919>. [Access date: 12.01.2020].
- Gürel, A., & Şenel, Z., (2010, Eylül 22-24). Tarım ve iklim değişikliği ilişkisinde alınması gereken önlemlerin tarımsal yayım açısından irdelenmesi. *Türkiye 9. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 2. Cilt, 728-739.
- Han, W. Y., Huang, J. G., Li, X., Li, Z. X., Ahammed, G. J., Yan, P., & Stepp, J. R. (2017) Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: a climate change perspective. *European Food Research and Technology*, 243, 323-330. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2746-5>
- Jayasinghe, S. L., & Kumar, L. (2019) Modeling the climate suitability of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] in Sri Lanka in response to current and future climate change scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology*, 272, 102-117. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.03.025>
- Kahn, B. (2015). Climate change poses a brewing problem for tea. Climate Central. <http://www.climatecentral.org/news/climate-change-altering-tea-industry-19071>. [Access date: 25.01.2020].
- Karapetyan, A. S. (2022). Physiological Effects Of Tea. *Молодежный инновационный вестник*, 11(1), 19-20.
- Karapınar, B., Özartan, G., Tetsuji, T., An, N., Tufan, M., & Turp, M. T. (2020). Sustainability of agricultural product supply under the impact of climate change. *TÜSİAD*, 3, 616, ISBN: 978-605-165-045-6.
- Korkmaz, K. (2007). Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi. *Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Alatarım Dergisi*, 6(2), 43-49.
- Kowalsick, A., Kfoury, N., Robbat, A., Ahmed, S., Orians, C., Griffin, T., Cash, S. B., & Stepp J. R. (2014). Metabolite profiling of *Camellia sinensis* by automated sequential, multidimensional gas chromatography/mass spectrometry reveals strong monsoon effects on tea constituents. *Journal of Chromatography A*, 1370, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.10.058>
- Larson, C. (2015). Reading the tea leaves for effects of climate change. (<https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.348.6238.953>) [Access date: 25.09.2023].
- Lin, S. K., Lin, J., Liu, Q. L., Ai, Y. F., Ke, Y. Q., & Chen, C. (2014). Time-course photosynthesis and non-structural carbon compounds in the leaves of tea plants (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) in response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 144, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.06.005>
- Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A., & Kondracka, K. (2013) Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*, 27, 463-77. <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0017>
- Lou, L. (2010). Price increase of premium Longjin tea resulted from late spring coldness. *Brand and Standardization*, 7: 45.
- MacCracken, M. C. (2001). Global Warming: A Science Overview, pp. 151-159 in *Global Warming and Energy Policy*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 220 pp. (Akt: Korkmaz, K., 2007. *Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi*, *Alatarım dergisi*, 6 (2): 43-49).

- Maritim, T. K., Kamunya, S. M., Mireji, P., Mwendia, V., Muoki, R. C., & Cheruiyot, E. K. (2015). Physiological and biochemical responses of tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) to water deficit stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90, 395–400. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11513200>
- MGM, (2023). T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>) [Erişim Tarihi: 25.04.2023].
- Muoki, C. R., Maritim, T. K., Oluoch, W. A., Kamunya, S. M. & Bore, J. K. (2020). Combating Climate Change in the Kenyan Tea Industry. *Frontiers in Plant Science*, 11, 339. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00339>
- Nemec-Boehm, R., Cash, R. L., Anderson, S. B., Bruce, A., Griffin, S., Orians, T. S., Robbat, C. M., Stepp, A. & Han, R. A. (2014). Climate change, the monsoon, and tea yields in China. Agricultural & Applied Economics Association's 2014 AAEA Annual Meeting, Minneapolis, MN, July 27-29. [https://www.researchgate.net/publication/268391287\\_Climate\\_change\\_the\\_monsoon\\_and\\_tea\\_yields\\_in\\_China](https://www.researchgate.net/publication/268391287_Climate_change_the_monsoon_and_tea_yields_in_China).
- Netto, L. A., Jayarami, K. M., & Puthuri, J. T. (2010). Clonal variation of tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) in countering water deficiency. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 16, 359–367. <https://doi.org/10.1007/s12298-010-0040-8>
- Nowogrodzki, A. (2019). The changing seasons of tea. *Nature*, 566. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00399-0>
- Ochieng, J., Kiriimi, L., & Mathenge, M. (2016). Effects of climate variability and change on agricultural production: the case of small scale farmers in Kenya. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 77, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.005>
- OKP, (2013). Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018). [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu\\_Kalkinma\\_Plani-2014-2018.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf).
- Otten, D. (2010). Tea—Second most consumed beverage in the world. Retrieved November, 1, 2010.
- Özbucak, S., Özbucak, İ., & Özbucak, T. B. (2019, Haziran 22-23). İklim değişikliğinin fındık üzerindeki olası etkileri. 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz “Sürdürülebilir Tarım ve Çevre” Sempozyum Kitabı 90.
- Özyazıcı, M. A., Sağlam, M., Dengiz, O., & Erkoçak, A. (2014). Çay tarımı yapılan topraklara yönelik faktör analizi ve jeostatistik uygulamaları: Rize ili örneği. *Toprak Su Dergisi*, 3(1), 22-23.
- Pope, K. S., Dose, V., Da Silva, D., Brown, P. H., & DeJong, T. M. (2015). Nut crop yield records show that budbreak-based chilling requirements may not reflect yield decline chill thresholds. *International journal of biometeorology*, 59, 707-715. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0881-x>
- TAGEM, (2001). İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerindeki Etkileri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerindeki Etkileri Paneli, <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/%C4%B0iklim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20ve%20Tar%C4%B1m.pdf>.
- Tezara, W., Mitchell, V., Driscoll, S. P. and Lawlor, & D. W. (2002). Effects of water deficit and interaction with CO<sub>2</sub> supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1781–1791. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf021>
- Thushara, S. C. (2015, May 22-24). Sri Lankan tea industry: Prospects and challenges. Proceedings of the second Middle East Conference on global business, economics. Finance and banking (ME15Dubai conference).
- Tunç, G. İ., Aşık, S.T., & Akbostancı, E. (2007). CO<sub>2</sub> emissions vs. CO<sub>2</sub> responsibility: an inputoutput approach for the turkish economy. *Energy Policy*, 35, 855–868.
- Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M. & Kurnaz, M. L. (2014). Investigation of predicted changes for the near future air temperature and precipitation climatologies of Turkey and its surrounding regions using the RegCM4.3.5 regional climate model. *Aegean Journal of Geography*, 23(1), 1-24.
- Türkeş, M. (1997). Hava ve iklim kavramları üzerine. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 355, 36-37, Ankara.
- Varol, N., & Ayaz, M. (2012). Küresel iklim değişikliği ve zeytincilik. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1):11-13.
- Wang, H. J., Sun, J. Q., Chen, H. P., Zhu, Y. L., Zhang, Y., Jiang, D. B., Lang, X. M., Fan, K., Yu, E. T., & Yang S. (2012). Extreme climate in China: facts, simulation and projection. *Meteorologische Zeitschrift, Fast Track*, 21(3), 279. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2012/0330>

- Wijeratne, M. (1996). Vulnerability of Sri Lanka tea production to global climate change. *Water Air Soil Pollution*, 92, 87-94.
- Wijeratne, M. A., Anandacoomaraswamy, A., Amarathunga, M. K. S. L. D., Ratnasiri, J., Basnayake, B. R. S. B., & Kalra, N. (2007). Assessment of impact of climate change on productivity of tea (*Camellia sinensis* L.) plantations in Sri-Lanka. *National Science Foundation of Sri Lanka*, 35, 119-126. <https://doi.org/10.4038/jnsfsr.v35i2.3676>
- Yalçın, G. E. & Kara, F. Ö. (2014 Eylül 3-5). *Küresel iklim değişikliğinin türkiye’de tarımsal üretime etkileri ve çözüm önerileri*, XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Türkiye.
- Yazıcı, K. (2021). Current Studies On Fruit Science,. M. Pakyürek(Ed.), (ss 301-323) Iksad Publications.
- Yıldız, S., & Midilli, A. (2022). Türkiye’de Organik Çay Üretimi ve Pazarlaması. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 136-145. <https://doi.org/10.53501/rteufemud.1174700>
- Zhu, Y., Wang, H., Zhou, W., & Ma, J. (2011). Recent changes in the summer precipitation pattern in East China and the background circulation. *Climate Dynamics*, 36, 1463-1473. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0852-9>



## Farklı Anaçların Bazı Badem Çeşitlerinin Yaprak ve Meyvelerindeki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi

Effect of Different Rootstocks on Nutrient Element Contents in Leaves and Fruits of Some Almond Cultivars

Kenan Çelik<sup>1</sup> , Müttalip Gündoğdu<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 19.01.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 18.03.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Bu çalışma, GF-677 klonal anacı ile Garrigues çöğür anaçlarının üzerine aşılanmış 11 badem çeşidinin (Ferragnes, Ferraduel, Glorieta, Felisia, Süper Nova, Guara, Lauranne, Ne Plus Ultra, Moncayo, Marta ve Bertina) makro ve mikro besin elementleri içerikleri üzerine anaçların etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi arazisinde 2020-2022 yılları arasında yürütülmüştür. Deneme bahçeleri tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her parselde 3 ağaç olacak şekilde, 6 x 4 m dikim mesafesi ile tesis edilmiştir. Araştırma bulgularına göre anaç yapraklarında en yüksek N oranı Bertina-GF-677 ve Marta-GF-677 çeşitlerinde (%2,26) incelenirken, en düşük oran ise Glorieta -GF-677 çeşidinde görülmüştür (%1,87). Meyvelerdeki N oranına bakıldığında en yüksek oran %5,10 ile Ferragnes-Garrigues çeşidine, en düşük oran ise Ferraduel-GF-677 (%3,80) çeşidine ait olduğu görülmüştür. Yapraklardaki fosfor miktarı en yüksek Ferragnes-GF-677 (%0,29) çeşidinde, en düşük ise Super Nova-GF-677 (%0,1) çeşidinde iken; meyvelerde en yüksek fosfor içeriği Guara-GF-677 çeşidinde (%1,10), en düşük ise Marta-Garrigues çeşidinde (%0,67) belirlenmiştir. Potasyum içeriği açısından yapraklarda en yüksek oran Ferragnes-Garrigues (%4,03) çeşidinde, en düşük oran ise Felisia-Garrigues (%1,33) çeşidinde belirlenirken, meyvelerde ise en yüksek K oranı Super Nova-Garrigues (%1,24) çeşidinde ve en düşük oran ise Guara-Garrigues (%0,77) çeşidinde gözlemlenmiştir. Araştırmada kullanılan anaçlardan GF-677 anacı üzerine aşıli çeşitlerde, Garrigues anacı üzerine aşıli çeşitlere göre daha yüksek besin elementi miktarları tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda anaçların badem çeşitlerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerini önemli ölçüde etkileyerek besin elementi alımını etkilediği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Badem, anaç, çeşit, besin elementi

&

**Abstract:** This study examined the macro and micronutrient levels in the fruit leaves of 11 almond varieties (Ferragnes, Ferraduel, Glorieta, Felisia, Super Nova, Guara, Lauranne, Ne Plus Ultra, Moncayo, Marta and Bertina) grafted onto Garrigues seedling rootstocks with the GF-677 clonal rootstock. It was conducted in 2020 and 2021 to determine the effects on the elements. The study was conducted between 2020-2022 on the grounds of the GAP International Agricultural Research and Training Center. The study gardens were established according to the randomized block trial design, with 3 replications and 3 trees in each plot, with 6 x 4 spacing and distances. Based on the findings of the study, the highest N rate in the leaves of the rootstock was examined in Bertina-GF-677 and Marta-GF-677 varieties (2.26%), while the lowest rate was seen in Glorieta -GF-677 (1.87%). Regarding the N rate in fruits, the highest rate belonged to Ferragnes-Garrigues with 5.10%, and the lowest rate belonged to the Ferraduel-GF-677 (3.80%) variety. The amount of Phosphorus in the leaves was highest in the Ferragnes-GF-677 (0.29%) variety and lowest in the Super Nova-GF-677 (0.1%) variety; while in the fruits, the highest phosphorus content was determined in the Guara-GF-677 variety (1.10%) and the lowest in the Marta-Garrigues variety (0.67%). Regarding potassium content, the highest amount in the leaves was determined in the Ferragnes-Garrigues (4.03%) variety and the lowest in the Felisia-Garrigues (1.33%) variety, while in the fruits, the highest content was observed in Super Nova-Garrigues (1.24%) and lowest in Guara-Garrigues (0.77%). Among the rootstocks used in the study, higher amounts of nutritional elements were determined in the varieties grafted on GF-677 rootstock compared to the varieties grafted on Garrigues rootstock. After conducting research, it has been determined that rootstocks significantly impact the macro and micro nutritional element contents of almond varieties, affecting nutrient uptake.

**Keywords:** Almond, rootstock, variety, nutrient element

**Atıf -Cite as:** Çelik, K. & Gündoğdu, M. (2024) Farklı Anaçların Bazı Badem Çeşitlerinin Yaprak ve Meyvelerindeki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 10(1), 69-78. doi: 10.24180/ijaws. 1422500

**İntihal-Plagiarizm -Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. - This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr-tr/pub-ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Dr. Kenan Çelik, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Diyarbakır, celikkenan@tarimorman.gov.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Müttalip Gündoğdu, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, mgundogdu@ibu.edu.tr

\*Bu çalışma "Bazı Badem Çeşitlerinin Agromorfolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Çöğür ve Gf 677 Anaçlarının Etkisi" adlı tezden üretilmiştir.\*

## GİRİŞ

Dünya üzerinde geniş bir yayılma alanına sahip olan badem, yetiştiriciliği yapılan en eski meyve türlerinden biridir. Bademin tarihi, binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. İnsanlar bademi hem besin kaynağı olarak hem de ticaret amacıyla kullanmışlardır.

Bademin kökeni Orta Asya'ya dayanmaktadır, ancak zamanla farklı bölgelere yayılmıştır. Özellikle Akdeniz iklimine uygun bölgelerde, badem yetiştiriciliği yaygındır. Badem ağaçları, kuru iklimlere dayanıklıdır ve düşük su ihtiyaçları nedeniyle özellikle kurak bölgelerde başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir.

Badem yetiştiriciliği, Akdeniz ülkeleri (İspanya, İtalya, Türkiye, Yunanistan), ABD (California özellikle), Orta Doğu ve Avustralya gibi birçok bölgede önemli bir tarımsal faaliyettir. Badem, sağlıklı yağlar, protein, lif, E vitamini ve mineraller açısından zengin bir besin kaynağıdır ve bu özellikleri nedeniyle dünya genelinde tercih edilmektedir (Campos vd., 2023; Aktaş, 2023).

Meyve yetiştiriciliğinde anaçlar uzun yıllardan günümüze kadar kullanılmaktadır. Anaçlar, üzerine aşılana çeşidin büyümesi, verim ve hasat edilen ürünün kalitesinin yanı sıra farklı ekolojik koşullara uyum üzerine de etki etmektedir (Castle vd., 2010). Günümüz meyveciliğinde klonal anaç kullanımı oldukça yaygındır. Klonal anaçlarda, aşı uyuşma ve tutma oranlarının iyi, saçak kök oluşturma kabiliyetlerinin yüksek ve periyodisiteyi azaltıcı etkilerinin olması istenen özelliklerdendir. Ayrıca üzerine aşılana çeşidin meyve iriliği ve kalitesine olumlu etki etmeli, olgunlaştırıcı etki göstermeli, gençlik kısırlığı dönemini kısaltmalı ve üzerine aşılana çeşidi kısa sürede çiçek tomurcuğu oluşturmaya teşvik etmelidir (Webster, 1995).

Anaçlar üzerine aşılana her çeşit ile farklı davranışlar sergiler. Yani her yeni aşı kombinasyonu yeni bir farklılıktır. Değişik aşı kombinasyonları üzerinde yapılan araştırmalarda kullanılan anaçların bitkilerde besin maddelerinin alımını etkilediği ve bitkide verim üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur (Bolat vd. 1995).

Birçok meyve türünde olduğu gibi bademde de gerek çağla ve olgun meyvesinde gerekse yaprak, kabuk ve diğer bitki organlarında biyokimyasal içerikler araştırılmıştır (Özcan vd., 2020; Aslan, 2019; Bernoussi vd., 2020; Gracia vd., 2021; Parklakçı, 2008; Yıldırım vd., 2008; Özdemir, 2022). Yapılan bu çalışmada ise farklı anaçların bazı badem çeşitlerinin yaprak ve meyvelerindeki besin elementlerine etkisi araştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Bu araştırma GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi arazisinde 2020-2022 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini Garrigues çöğür anacı ve GF-677 klon anacı üzerine aşılana 11 badem çeşidi (Ferragnes, Ferraduel, Glorieta, Felisia, Süper Nova, Guara, Lauranne, Ne Plus Ultra, Moncayo, Marta ve Bertina) oluşturmuştur. Deneme bahçeleri tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her parselde 3 ağaç olacak şekilde, 6 x 4 aralık ve mesafelerle tesis edilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü bahçenin toprağı (0-40 cm) orta bünyeli, verimli, killi-tınlı (%63.00 - %63.10), organik madde oranı düşük (%1.12 - %1.17), toprak pH'sı 7.60 - 7.77 aralığında, CaCO içeriğı % 4.74- % 7.90 arasında değişiklik gösteren, tuzluluk oranı düşük (0.74 dS -m), P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)kapsamı düşük (5,95 kg/da), K kapsamı (K<sub>2</sub>O)ise yüksek düzeyde (64.13 kg/da) özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.

### Metot

#### Yaprak ve Meyve Numunelerinin Hazırlanması

Yaprak analizi için 22 Ağustos tarihinde ağaçların dört yanından toplanan yapraklar 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve daha sonra 24 saat 80°C`de kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örnekleri porselen havanda öğütülerek küçük parçacıklar haline getirilmiştir.

Her ağacın meyveleri ayrı ayrı hasat edilip paketlenerek laboratuvara alınmış ve burda bir hafta gölgede bekletilerek kurutulmuştur. Kuruyan bademler elle kırılarak içleri çıkarılmış ve bu iç meyveler porselen havanlarda dövülerek küçük parçacıklar haline getirilmiştir.

**Besin elementleri Analizi**

Besin elementi analizleri için yaprak ve meyve örnekleri, mikrodalga kuru yakma ile ölçüme hazır hale getirilmiştir. Öğütülen her bir uygulamanın bir tekrarı için yaprak -meyve örneklerinden 0.20 g tartılıp üzerine nitrik asit ve hidrojen peroksit (6:2, v -v) eklenmiş ve mikrodalga fırınında (Mars Xpress) 2 dakika 250 W, 2 dakika 0 W, 6 dakika 250 W, 5 dakika 400 W, 8 dakika 550 W süreyle yakılmıştır. Yakılan örnekler filtreden geçirilmiş ve saf su ilave edilerek 50 mL'ye tamamlanmıştır. Elde edilen örnekler tüplere aktararak İndüksiyonla Birleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrofotometresi (Inductively Coupled Plasma Optic Emission Spectrometer - ICP-OES) cihazıyla (Thermo, ICAP 6300, Amerika) okumaya hazır hale getirilmişlerdir. Süzüklerde makro (N, P, K, Ca ve Mg) ve mikro element (Fe, Mn, Cu, Na ve Zn) içerikleri mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (AACC. 1990).

Yaprak ve meyve örneklerinin Azot içeriğini belirlemek için kurutulmuş havan içerisinde öğütülmüş olan yaprak ve meyve örneklerinden 0.20 g tartılmış ve Dumas cihazı için özel üretilmiş olan alüminyum folyo içerisinde tablet şekline getirilmiştir. Dumas cihazı üzerinde yer alan tablet cihazda yerlerine bırakılarak örneklerin azot içerikleri belirlenmiştir.

**BULGULAR VE TARTIŞMA****Azot (N) ve Fosfor (P)**

Çalışmada incelenen anaç ve çeşitlerin N oranları incelendiğinde yapraklarda %1.87 (Glorietta/GF-677) ile % 2.26 (Bertina, Marta/GF-677) arasında; meyvelerde ise % 5.10 (Ferragnes/çöğür) ile 3.80 (Ferraduel/GF-677) arasında değişmiştir. Ağaçların yapraklarındaki N miktarına göre, anaçlar karşılaştırıldıklarında GF-677 anacına aşılansmış 8, Garrigues anacına aşılansmış 3; meyvelerdeki N miktarına göre ise GF-677 anacına aşılansmış 5, Garrigues anacına aşılansmış 6 çeşitte N oranının daha yüksek olduğu görülmüştür. Anaçlar badem ağaçlarının yaprak ve meyvelerindeki Azot miktarını etkilemiştir. Yapraklardaki Azot içeriği, meyvelere oranla daha düşük olarak saptanmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Anaç - Çeşitlerin yaprak ve meyvelerindeki azot ve fosfor içerikleri (%).

Table 1. Rootstock - Nitrogen and phosphorus contents in leaves and fruits of varieties (%).

| Çeşitler    | Azot(N)    |        |            |        | Fosfor(P)  |        |            |        |            |    |            |    |            |     |            |     |
|-------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|----|------------|----|------------|-----|------------|-----|
|             | Yaprak     |        | Meyve      |        | Yaprak     |        | Meyve      |        |            |    |            |    |            |     |            |     |
|             | Garrigues  | GF-677 | Garrigues  | GF-677 | Garrigues  | GF-677 | Garrigues  | GF-677 |            |    |            |    |            |     |            |     |
| Bertina     | 2.10±0.010 | a-f*   | 2.26±0.050 | a      | 4.10±0.300 | b-e    | 4.06±0.065 | bc     | 0.12±0.010 | bc | 0.69±0.010 | d  | 0.93±0.020 | ac  |            |     |
| Felisia     | 1.90±0.050 | ef     | 2.16±0.020 | a-d    | 3.90±0.100 | de     | 4.40±0.300 | ae     | 0.15±0.020 | bc | 0.11±0.010 | bc | 0.97±0.020 | ab  | 0.95±0.030 | ac  |
| Ferraduel   | 2.10±0.040 | af     | 2.02±0.040 | b-f    | 4.70±0.100 | ae     | 3.80±0.100 | e      | 0.15±0.020 | bc | 0.17±0.000 | bc | 0.85±0.030 | b-d | 0.97±0.010 | ab  |
| Ferragnes   | 2.00±0.020 | cf     | 2.17±0.050 | a-d    | 5.10±0.200 | a      | 4.30±0.200 | ae     | 0.14±0.020 | bc | 0.29±0.020 | a  | 0.90±0.040 | bc  | 0.84±0.040 | b-d |
| Glorietta   | 2.20±0.030 | a-d    | 1.87±0.040 | f      | 4.60±0.100 | ae     | 4.30±0.100 | ae     | 0.17±0.020 | bc | 0.11±0.000 | bc | 0.85±0.010 | b-d | 0.82±0.020 | b-d |
| Guara       | 2.00±0.040 | cf     | 1.97±0.010 | d-f    | 4.60±0.100 | ae     | 4.90±0.200 | ac     | 0.20±0.020 | ab | 0.13±0.010 | bc | 0.82±0.020 | b-d | 1.10±0.100 | a   |
| Laurenne    | 2.00±0.040 | cf     | 2.25±0.040 | ab     | 4.80±0.100 | a-d    | 4.90±0.100 | ac     | 0.18±0.020 | bc | 0.12±0.000 | bc | 0.77±0.000 | cd  | 0.84±0.010 | b-d |
| Marta       | 2.10±0.050 | af     | 2.26±0.050 | a      | 4.70±0.000 | ae     | 4.50±0.200 | ae     | 0.18±0.010 | bc | 0.16±0.010 | bc | 0.67±0.020 | d   | 0.91±0.060 | ac  |
| Moncayo     | 1.60±0.050 | g      | 2.23±0.050 | a-c    | 4.10±0.200 | b-e    | 5.00±0.200 | ab     | 0.17±0.020 | bc | 0.17±0.020 | bc | 0.68±0.010 | d   | 0.84±0.040 | b-d |
| NePlusUltra | 2.10±0.080 | af     | 2.16±0.030 | a-d    | 4.70±0.100 | ae     | 5.00±0.100 | ab     | 0.20±0.040 | ab | 0.17±0.010 | bc | 0.78±0.010 | b-d | 0.79±0.040 | b-d |
| SüperNova   | 1.90±0.020 | ef     | 2.13±0.040 | a-e    | 4.10±0.300 | b-e    | 4.00±0.100 | ce     | 0.15±0.010 | bc | 0.10±0.000 | c  | 0.90±0.020 | bc  | 0.83±0.030 | b-d |

\*: Aynı sütunda aynı harfli ortalamalar arasındaki fark p&lt;0.05 düzeyinde önemli değildir.

Çantal (2022), 2019 ve 2020 yıllarında yürüttüğü çalışmanın her iki yılında da Ferragnes ve Ferraduel çeşitlerinin yaprakları ile meyvelerindeki bitki besin elementleri üzerine anaçların etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı Ferraduel çeşidininin 2019 yılında çöğür anaçlar üzerine aşılansmış ağaçlarındaki Azot oranının % 1.95, GF-677 anacı üzerine aşılansmış ağaçlarında % 2.44; 2020 yılında ise Ferraduel/çöğür kombinasyonunda % 1.85, Ferraduel/GF-677 kombinasyonunda ise % 2.55 olarak belirlemiştir. Araştırmacı Azotu, Ferragnes çeşidinde 2019 yılında çöğür anaçları üzerinde % 2.00, GF-677 anacı üzerine aşılı ağaçlarda % 2.35 olarak belirlerken, 2020 yılında çöğür anaçlarda % 2.11, GF-677 anaçları üzerine aşılansmış ağaçlarda % 2.42 olarak saptamış ve yaptığımız çalışmanın sonuçlarına benzer sonuçlar elde etmiştir. Oğuz (2011) çalışmasında badem meyvelerinde azot oranının % 3.08 ile % 3.59 arasında belirlemiş ve bu değerler sonuçlarımızdan kısmen düşük olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada incelenen anaç-çeşitlerin yapraklarındaki fosfor oranı % 0.29 (Ferragnes/GF-677) ile 0.1 (Süper Nova/GF-677) arasında; meyvelerindeki fosfor oranları ise % 0.67 (Marta/çöğür) ile % 1.10 (Guara/GF-677) arasında değişmiştir. Yapraklardaki fosfor miktarına göre anaçlar karşılaştırıldıklarında Garrigues anacına aşılınmış 8, GF-677 anacına aşılınmış 2 kombinasyonda yapraklardaki Fosfor oranı daha yüksek olarak saptanmıştır. Meyvelerdeki fosfor içeriği ise GF-677 anacına aşılınmış 7, Garrigues anacına aşılınmış 4 çeşitte daha yüksek olarak belirlenmiştir. Anaçlar badem ağaçlarında yaprak ve meyvelerin fosfor oranını etkilemiştir (Çizelge 1).

Çantal (2022) yaptığı araştırmanın sonucunda çeşitlerin yapraklarındaki fosfor oranının 2019 yılında % 0.35 ile % 0.20 arasında, 2020 yılında % 0.31-0.16 arasında değiştiğini bildirmiştir. Araştırma sonuçlarımız bu çalışmayla benzerlik göstermiş ve badem ağaçlarının yapraklarındaki fosfor içeriklerinin meyvelerine oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

#### Potasyum (K) ve Kalsiyum (Ca)

Çalışmada yapraklardaki Potasyum oranları % 4.03 (Ferragnes/çöğür) ile % 1.33 (Felisia/çöğür), meyvelerdeki potasyum oranları ise % 1.24 (Süper Nova/çöğür) ile 0.77 (Guara/çöğür) arasında değişmiştir. Yapraklardaki potasyum miktarına göre anaçlar karşılaştırıldıklarında Garrigues anacına aşılınmış 7 kombinasyon, GF-677 anacına aşılınmış 4 kombinasyon; meyvelerde ise GF-677 anacına aşılınmış 5, Garrigues anacına aşılınmış 6 kombinasyonun Potasyum oranının daha yüksek olduğu görülmüştür. Anaçların badem ağaçlarının yaprak ile meyvelerindeki potasyum miktarını etkilemiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Anaç - çeşitlerin yaprak ve meyvelerindeki potasyum ve kalsiyum içerikleri (%).

Table 2. Rootstock - potassium and calcium contents in leaves and fruits of varieties (%).

| Çeşitler      | Potasyum (K) |        |            |       |            |     | Kalsiyum (Ca) |        |            |       |             |    |            |     |            |     |
|---------------|--------------|--------|------------|-------|------------|-----|---------------|--------|------------|-------|-------------|----|------------|-----|------------|-----|
|               | Yaprak       |        |            | Meyve |            |     | Yaprak        |        |            | Meyve |             |    |            |     |            |     |
|               | Çöğür        | GF-677 |            | Çöğür | GF-677     |     | Çöğür         | GF-677 |            | Çöğür | GF-677      |    |            |     |            |     |
| Bertina       | 2.10±0.110   | fg*    | 1.80±0.040 | gh    | 0.91±0.070 | b-d | 1.06±0.040    | a-c    | 6.98±0.030 | bc*   | 6.37±0.160  | ef | 0.50±0.010 | b-e | 0.48±0.010 | b-e |
| Felisia       | 1.33±0.180   | i      | 1.54±0.030 | hi    | 1.18±0.080 | ab  | 0.82±0.020    | cd     | 6.67±0.010 | b-e   | 5.86±0.050  | g  | 0.46±0.050 | b-e | 0.48±0.020 | b-e |
| Ferraduel     | 2.27±0.050   | d-f    | 2.77±0.060 | c     | 0.87±0.050 | cd  | 0.91±0.060    | b-d    | 7.03±0.050 | b     | 6.95±0.040  | bc | 0.40±0.010 | de  | 0.65±0.040 | a   |
| Ferragnes     | 4.03±0.020   | a      | 3.92±0.040 | a     | 0.98±0.000 | a-d | 0.83±0.030    | cd     | 6.79±0.040 | b-d   | 10.31±0.190 | a  | 0.53±0.050 | a-d | 0.45±0.030 | b-e |
| Glorietta     | 1.98±0.030   | fg     | 1.79±0.020 | gh    | 0.82±0.030 | cd  | 0.88±0.060    | cd     | 6.37±0.010 | ef    | 5.19±0.045  | ij | 0.37±0.010 | e   | 0.44±0.000 | b-e |
| Guara         | 2.67±0.040   | c      | 3.35±0.050 | b     | 0.77±0.010 | d   | 1.07±0.060    | a-c    | 6.59±0.080 | c-e   | 5.67±0.015  | gh | 0.41±0.020 | c-e | 0.55±0.020 | a-c |
| Laurenne      | 2.25±0.050   | d-f    | 1.95±0.030 | fg    | 0.87±0.020 | cd  | 0.82±0.040    | cd     | 7.03±0.020 | b     | 4.85±0.090  | jk | 0.56±0.030 | ab  | 0.41±0.010 | c-e |
| Marta         | 2.49±0.050   | c-e    | 2.20±0.040 | ef    | 0.88±0.060 | cd  | 0.92±0.060    | b-d    | 5.29±0.030 | hi    | 6.07±0.010  | fg | 0.38±0.010 | e   | 0.44±0.020 | b-e |
| Moncayo       | 2.57±0.020   | cd     | 2.49±0.100 | c-e   | 1.00±0.100 | a-d | 0.82±0.010    | cd     | 6.46±0.030 | d-f   | 4.74±0.040  | k  | 0.39±0.030 | de  | 0.48±0.010 | b-e |
| Ne Plus Ultra | 2.10±0.050   | fg     | 3.32±0.070 | b     | 0.80±0.050 | cd  | 0.79±0.040    | cd     | 4.95±0.040 | i-k   | 5.79±0.130  | g  | 0.44±0.030 | b-e | 0.44±0.040 | b-e |
| SüperNova     | 2.24±0.020   | d-f    | 1.57±0.020 | hi    | 1.24±0.040 | a   | 1.03±0.000    | a-d    | 6.37±0.050 | ef    | 5.18±0.030  | ij | 0.40±0.000 | de  | 0.44±0.010 | b-e |

\*: Aynı sütunda aynı harfli ortalamalar arasındaki fark p<0.05 düzeyinde önemli değildir.

Şimşek ve Kızmaz (2017), Beyazsu (Mardin) yöresinde yetişen badem genotiplerinin potasyum içeriğinin 646.27-925.13 mg/100g, arasında olduğunu belirlemişler ve sonuçlarımızla kısmen benzer sonuçları tespit etmişlerdir.

Çantal (2022), yaptığı çalışmada potasyum oranlarının yapraklarda 2019 yılında % 1.12-2.50, 2020 yılında % 2.75-1.11 arasında, meyvelerinde ise 2019 yılında % 0.38 ile % 0.67 arasında ve 2020 yılında % 0.67-% 0.53 arasında değiştiğini bildirmiş, sonuçta özellikle meyvelerdeki potasyum oranının çalışmamızdan kısmen düşük kaldığı saptanmıştır. Önceki çalışmalarda toprak tipinin potasyumun bitkiler tarafından alınımı etkilediği, killi toprakların kumlu topraklara göre daha yüksek potasyum içerdiği ve bu da bitkilerin potasyum alınımı artırdığı bildirilmiştir (Wakeel vd., 2002).

Çalışmada elde ettiğimiz kalsiyum oranları, anaç ve çeşitlerin yapraklarında % 10.31 (Ferragnes/GF-677) ile % 4.74 (Moncayo/GF-677), meyvelerinde ise % 0.65 (Ferraduel/GF-677) ile % 0.37 (Glorietta/çöğür) arasında değişiklik göstermiştir. Yapraklardaki kalsiyum miktarı Garrigues anacına aşılınmış 8, GF-677 anacına aşılınmış 3; meyvelerdeki kalsiyum miktarı GF-677 anacına aşılınmış 7, Garrigues anacına aşılınmış 3 çeşitte daha yüksek olarak belirlenmiş, 1 çeşitte ise değişmemiştir (Çizelge 2).

Badem ağaçlarının yapraklarındaki kalsiyum içeriklerinin meyvelerine oranla çok daha yüksek olduğu ve anaçların badem ağaçlarının yapraklardaki kalsiyum oranına etki ettiği belirlenmiştir.

Oğuz (2011), GAP Üst Bölgesinde susuz koşullarda yetiştirilen bazı standart badem çeşitlerinde iç badem meyvelerinin kalsiyum miktarının % 0.37 ile % 0.50 arasında değişiklik gösterdiğini belirlemiş ve bu sonuçlar çalışmamızla benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

#### Magnezyum (Mg) ve Bakır (Cu)

Yapraklardaki magnezyum oranı % 1.51 (Ferragnes/GF-677) ile % 0.66 (Glorietta/çöğür) arasında; meyvelerdeki magnezyum oranları ise % 0.39 (Guara/GF-677) ile 0.26 (Ne Plus Ultra/çöğür, Süper Nova/GF-677) arasında değişiklik göstermiştir. Anaçlar magnezyum içeriği bakımından karşılaştırıldıklarında, Garrigues üzerine aşılınmış 5, GF-677 üzerine aşılınmış 6 kombinasyonda yapraklardaki miktarı; GF-677 anacına aşılınmış 7, Garrigues anacına aşılınmış 3 kombinasyonun ise meyvelerdeki magnezyum miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Anaçlar badem ağaçlarının meyve ve yapraklarındaki magnezyum oranını etkilemiştir. Yapraklardaki magnezyum içeriği meyvelere oranla daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çantal (2022), yaptığı araştırmada anaç x çeşit kombinasyonlarının yapraklarındaki magnezyum içeriğinin % 0.87- % 1.35, meyvelerindeki magnezyum oranlarının %0.17- %0.19 arasında değiştiğini bildirmiş ve sonuçta çalışmamızdaki yaprak ve meyvelerin magnezyum miktarı ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ancak magnezyum sonuçlarımızın Parlakçı (2008)'in çalışmasındaki magnezyum oranlarından daha düşük kaldığı tespit edilmiştir.

#### Çizelge 3. Anaç - çeşitlerin yaprak ve meyvelerindeki magnezyum içeriği (%) ile bakır içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Table 3. Magnesium content (%) and copper content (mg kg) in leaves and fruits of varieties -rootstock.

| Çeşitler      | Magnezyum(Mg) |        |            |       |            |    | Bakır(Cu)  |        |            |       |             |     |             |    |             |    |
|---------------|---------------|--------|------------|-------|------------|----|------------|--------|------------|-------|-------------|-----|-------------|----|-------------|----|
|               | Yaprak        |        |            | Meyve |            |    | Yaprak     |        |            | Meyve |             |     |             |    |             |    |
|               | Çöğür         | GF-677 |            | Çöğür | GF-677     |    | Çöğür      | GF-677 |            | Çöğür | GF-677      |     |             |    |             |    |
| Bertina       | 0.87±0.010    | c-f*   | 0.89±0.050 | c-f   | 0.28±0.010 | ab | 0.36±0.010 | ab     | 4.77±0.060 | f-h*  | 4.86±0.075  | f-h | 16.98±0.200 | hi | 20.97±0.080 | c  |
| Felisia       | 0.85±0.070    | c-f    | 0.76±0.040 | d-f   | 0.30±0.040 | ab | 0.35±0.010 | ab     | 4.40±0.060 | hi    | 1.67±0.010  | l   | 15.94±0.030 | k  | 27.84±0.140 | a  |
| Ferraduel     | 0.95±0.000    | c-e    | 1.20±0.045 | b     | 0.28±0.030 | ab | 0.32±0.010 | ab     | 8.17±0.160 | b     | 3.01±0.010  | jk  | 18.98±0.070 | ef | 17.92±0.170 | g  |
| Ferragnes     | 0.90±0.060    | c-e    | 1.51±0.030 | a     | 0.32±0.030 | ab | 0.28±0.020 | ab     | 3.03±0.040 | j     | 10.40±0.350 | a   | 15.99±0.100 | jk | 21.43±0.120 | c  |
| Glorietta     | 0.66±0.030    | f      | 0.76±0.040 | d-f   | 0.28±0.000 | ab | 0.28±0.010 | ab     | 5.00±0.050 | fg    | 1.67±0.020  | l   | 16.62±0.130 | ij | 17.75±0.120 | g  |
| Guara         | 0.89±0.060    | c-f    | 0.97±0.020 | b-d   | 0.27±0.010 | ab | 0.39±0.030 | a      | 3.22±0.070 | j     | 6.35±0.080  | d   | 17.93±0.075 | g  | 24.07±0.080 | b  |
| Laurenne      | 0.95±0.040    | c-e    | 0.73±0.020 | ef    | 0.30±0.030 | ab | 0.28±0.050 | ab     | 6.62±0.040 | cd    | 7.19±0.140  | c   | 18.80±0.060 | f  | 16.97±0.070 | hi |
| Marta         | 0.79±0.030    | d-f    | 0.77±0.030 | d-f   | 0.29±0.000 | ab | 0.32±0.020 | ab     | 4.05±0.040 | i     | 5.23±0.030  | ef  | 14.00±0.140 | l  | 17.29±0.030 | gh |
| Moncayo       | 0.82±0.030    | c-f    | 0.77±0.045 | d-f   | 0.28±0.010 | ab | 0.31±0.010 | ab     | 2.45±0.060 | k     | 4.17±0.060  | i   | 15.99±0.060 | jk | 17.28±0.080 | gh |
| Ne Plus Ultra | 0.84±0.040    | c-f    | 1.05±0.040 | bc    | 0.26±0.020 | b  | 0.30±0.010 | ab     | 8.52±0.100 | b     | 4.18±0.020  | i   | 19.58±0.090 | de | 19.76±0.160 | d  |
| SüperNova     | 0.78±0.065    | d-f    | 0.72±0.000 | ef    | 0.27±0.010 | ab | 0.26±0.030 | b      | 5.65±0.010 | e     | 4.46±0.060  | g-i | 15.55±0.150 | k  | 16.76±0.150 | hi |

\*: Aynı sütunda aynı harfli ortalamalar arasındaki fark p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çalışmada yapraklardaki bakır içeriği 10.40 mg kg<sup>-1</sup> (Ferragnes/GF-677) ile 1.67 mg kg<sup>-1</sup> (Glorietta/GF-677, Felisia/GF-677) arasında, meyvelerdeki bakır içeriği ise 27.84 mg kg<sup>-1</sup> (Felisia/GF-677) ile 14.00 mg kg<sup>-1</sup> (Marta/çöğür) arasında değişiklik göstermiştir. Anaçlar yapraklardaki bakır içeriğine göre karşılaştırıldıklarında Garrigues üzerine aşılınmış 5, GF-677 anacına aşılınmış 6 kombinasyonun; meyvelerindeki Bakır içeriğine göre GF-677 üzerine aşılınan 9, Garrigues anacına aşılınan 2 kombinasyonun daha yüksek olduğu saptanmıştır. Anaçlar, badem meyve ve yapraklarının Bakır içeriklerini etkilemiştir (Çizelge 3).

Badem meyvelerinin bakır içerikleri yapraklarına oranla daha yüksek olarak saptanmıştır. Çantal (2022), araştırmasının sonucunda anaç x çeşit kombinasyonlarının yapraklarındaki bakır içeriğinin 27.00 mg kg<sup>-1</sup> - 65.15 mg kg<sup>-1</sup>, meyvelerdeki bakır içeriğinin 77.00 mg kg<sup>-1</sup> - 128.00 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu bildirmiş ve bizim çalışmamızdan yüksek değerler ortaya koymuştur.

#### Demir (Fe) ve Manganez (Mn)

Çalışmada incelenen anaç-çeşit kombinasyonlarının yapraklarındaki demir içeriği 432.67 mg kg<sup>-1</sup> (Ferragnes/GF-677) ile 145.52 mg kg<sup>-1</sup> (Glorietta/GF-677) arasında; meyvelerinin demir içerikleri ise 72.61 mg kg<sup>-1</sup> (Guara/GF-677) ile 29.13 mg kg<sup>-1</sup> (Felisia/çöğür) arasında değişiklik göstermiştir. Badem ağaçlarının yapraklarının Demir içerikleri, meyvelerinin demir içeriklerine oranla daha yüksek olarak ölçülmüştür (Çizelge 4).



Bitkiler için demir, büyüme, fotosentez ve diğer metabolik süreçlerde önemli bir mineraldir. Demir eksikliği veya fazlalığı bitki sağlığını etkileyebilir. Demirin bitkiler tarafından alımı, toprak pH'sıyla doğrudan ilişkilidir. Asidik topraklar (düşük pH), demirin daha çözünür olmasını sağlar, bu da bitkilerin demiri daha iyi almasına yardımcı olur. Alkalin topraklarda (yüksek pH), demir daha az çözünür hale gelir ve bu durum demir eksikliğine neden olabilir.

Oğuz (2011), yaptığı çalışmada iç badem meyvelerinin demir miktarının 52 mg kg<sup>-1</sup> ile 406 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiş ve bizim sonuçlarımız bu aralıklar içerisinde değerler göstermiştir.

#### Çizelge 4. Anaç - çeşitlerin yaprak ve meyvelerindeki demir ve mangan içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Table 4. Rootstock - varieties of copper and iron contents in leaves and fruits (mg kg<sup>-1</sup>).

| Çeşitler    | Demir(Fe)     |        |               |        | Mangan(Mn)  |        |             |        |              |      |               |     |             |    |             |    |
|-------------|---------------|--------|---------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------------|------|---------------|-----|-------------|----|-------------|----|
|             | Yaprak        |        | Meyve         |        | Yaprak      |        | Meyve       |        |              |      |               |     |             |    |             |    |
|             | Çöğür         | GF-677 | Çöğür         | GF-677 | Çöğür       | GF-677 | Çöğür       | GF-677 |              |      |               |     |             |    |             |    |
| Bertina     | 151.06±5.840  | lm*    | 183.16±5.510  | i-m    | 41.17±0.120 | l      | 43.35±0.060 | j      | 97.09±2.490  | c-i* | 104.20±2.990  | b-h | 21.74±0.070 | hi | 28.39±0.190 | c  |
| Felisia     | 153.19±7.070  | lm     | 206.74±4.420  | f-k    | 29.13±0.110 | r      | 52.31±0.110 | e      | 64.73±2.460  | j    | 127.89±6.630  | b   | 22.04±0.450 | gh | 29.35±0.160 | c  |
| Ferraduel   | 235.01±11.850 | e-h    | 201.26±3.250  | g-l    | 45.74±0.130 | h      | 45.64±0.130 | h      | 79.93±4.270  | h-j  | 125.87±5.540  | b   | 25.09±0.120 | e  | 27.15±0.120 | d  |
| Ferragnes   | 174.06±10.870 | j-m    | 432.67±7.400  | a      | 44.47±0.060 | i      | 33.33±0.210 | op     | 112.97±4.340 | b-e  | 280.24±4.490  | a   | 26.93±0.080 | d  | 22.89±0.090 | fg |
| Glorietta   | 237.35±8.860  | e-h    | 145.42±3.760  | m      | 41.66±0.150 | kl     | 33.63±0.065 | o      | 107.38±2.780 | b-f  | 84.90±3.360   | f-j | 21.75±0.010 | hi | 23.46±0.110 | f  |
| Guara       | 248.79±6.390  | d-g    | 299.89±9.280  | b-d    | 49.04±0.100 | g      | 72.61±0.110 | a      | 78.56±2.750  | ij   | 119.86±3.405  | bc  | 25.49±0.060 | e  | 33.39±0.210 | a  |
| Laurenne    | 192.26±10.870 | h-m    | 156.53±15.560 | k-m    | 41.87±0.060 | k      | 42.75±0.040 | j      | 82.65±1.840  | g-j  | 94.91±4.130   | d-i | 23.13±0.110 | f  | 22.87±0.290 | fg |
| Marta       | 227.08±8.150  | e-i    | 257.10±1.850  | c-f    | 53.05±0.025 | d      | 38.16±0.080 | n      | 91.30±2.940  | e-i  | 121.25±4.840  | bc  | 21.53±0.110 | hi | 21.85±0.140 | hi |
| Moncayo     | 262.54±9.400  | c-e    | 220.69±9.520  | e-j    | 40.36±0.050 | m      | 57.33±0.070 | c      | 87.17±3.510  | f-j  | 105.22±10.295 | b-g | 21.88±0.290 | h  | 31.34±0.090 | b  |
| NePlusUltra | 325.51±15.660 | b      | 300.53±4.630  | bc     | 58.20±0.160 | b      | 51.15±0.060 | f      | 116.28±4.620 | b-d  | 115.03±1.140  | b-e | 25.95±0.140 | e  | 28.61±0.060 | c  |
| SüperNova   | 179.22±13.040 | i-m    | 177.95±5.410  | i-m    | 32.87±0.160 | p      | 31.55±0.040 | q      | 74.90±0.810  | ij   | 126.96±4.300  | b   | 21.34±0.100 | hi | 20.88±0.110 | i  |

\*: Aynı sütunda aynı harfli ortalamalar arasındaki fark p<0.05 düzeyinde önemli değildir.

Mangan, bitkiler için esansiyel olan bir mikroelementtir ve birçok biyokimyasal reaksiyonda (fotosentez, nötron transferinde, nükleik asitlerin ve proteinlerin sentezinde, antioksidan sistemde, demir kullanımında gibi) önemli rol oynar.

Mangan eksikliği genellikle bitkilerde yaprak klorozu (sararma), yaprak kenarlarında kahverengi lekeler ve genel büyüme geriliği gibi belirtilerle kendini gösterir. Bunun yanında, aşırı mangan alımı da bitkilerde toksisite belirtilerine neden olabilir. Mangan toksisitesinin belirtileri arasında yaprak kenarlarında yanıklar, yaprakların kıvrılması ve yapraklarda lekeler bulunabilir.

Araştırmada anaç -çeşit kombinasyonlarının yapraklarındaki mangan içerikleri 280.24 mg kg<sup>-1</sup> (Ferragnes/GF-677) ile 64.73 mg kg<sup>-1</sup> (Felisia/çöğür) arasında; meyvelerindeki mangan içerikleri ise 33.39 mg kg<sup>-1</sup> (Guara/GF-677) ile 20.88 mg kg<sup>-1</sup> (Süper Nova/GF-677) arasında değişiklik göstermiştir. Yapraklardaki mangan miktarına göre anaçlar karşılaştırıldıklarında Garrigues anacına aşılansmış 2, GF-677 anacına aşılansmış 9; meyvelerindeki Mangan içeriklerine göre GF-677 anacına aşılansmış 8, Garrigues anacına aşılansmış 3 çeşidin meyvelerindeki Mangan içeriği daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Brown ve Uriu (1996) ve Alpaslan vd., (2004) sağlıklı verim veren bir badem ağacının yapraklarında bulunması gereken mangan miktarının 20 ppm olması gerektiğini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada incelenmiş tüm çeşitlerin yapraklardaki mangan içeriğinin yeterli olduğu görülmektedir. Anaçlar badem yaprak ve meyvelerindeki mangan miktarını etkilemiştir. Badem ağaçlarının yapraklarının mangan içeriği meyvelerine oranla daha yüksektir.

#### Sodyum (Na) ve Nikel (Ni)

Araştırmada anaç -çeşit kombinasyonlarının yapraklarındaki sodyum içerikleri 948.84 mg kg<sup>-1</sup> (Glorietta/çöğür) ile 153.00 mg kg<sup>-1</sup> (Süper Nova/GF-677) arasında; meyvelerindeki sodyum içerikleri ise 331.10 mg kg<sup>-1</sup> (Süper Nova/çöğür) ile 36.85 mg kg<sup>-1</sup> (Bertina/çöğür) arasında değişiklik göstermiştir. Garrigues anacı üzerine aşılansan çeşitlerin tamamının yapraklarındaki Sodyum içeriği GF-677 anacına aşılansmış çeşitlerinkine oranla bariz bir şekilde yüksek olarak bulunmuştur. Anaçların meyve ve yaprakların Sodyum miktarını etkilediği belirlenmiştir. Bademlerde yapraklardaki Sodyum içeriği meyvelerine oranla daha yüksektir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Anaç - çeşitlerin yaprak ve meyvelerindeki sodyum ve nikel içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>).Table 5. Rootstock - varieties of sodium and nickel contents in leaves and fruits (mg kg<sup>-1</sup>).

| Çeşitler      | Sodyum (Na)   |        |               |        | Nikel         |        |               |        |            |     |             |     |            |    |             |    |
|---------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|------------|-----|-------------|-----|------------|----|-------------|----|
|               | Yaprak        |        | Meyve         |        | Yaprak        |        | Meyve         |        |            |     |             |     |            |    |             |    |
|               | Çöğür         | GF-677 | Çöğür         | GF-677 | Çöğür         | GF-677 | Çöğür         | GF-677 |            |     |             |     |            |    |             |    |
| Bertina       | 346.86±14.580 | f*     | 185.84±11.210 | h-j    | 36.85±0.530   | j      | 173.70±61.000 | d      | 6.74±0.050 | fg* | 7.39±0.020  | d-f | 0.93±0.015 | h  | 1.980±0.010 | cd |
| Felsia        | 778.56±12.240 | c      | 153.22±6.330  | j      | 236.70±81.700 | c      | 225.00±44.000 | c      | 9.31±0.230 | b   | 5.13±0.070  | hi  | 0.98±0.000 | h  | 2.570±0.040 | ab |
| Ferraduel     | 864.28±13.100 | b      | 272.62±3.270  | g      | 141.10±85.000 | ef     | 130.80±55.400 | e-g    | 7.91±0.330 | c-e | 9.33±0.110  | b   | 0.92±0.030 | h  | 2.520±0.030 | b  |
| Ferragnes     | 237.54±11.930 | g-i    | 234.52±6.990  | g-i    | 88.33±27.100  | h      | 81.00±32.500  | h      | 8.15±0.070 | cd  | 14.26±0.210 | a   | 1.05±0.005 | f  | 1.950±0.030 | d  |
| Clorietta     | 948.84±22.260 | a      | 181.08±10.120 | ij     | 116.10±39.200 | fg     | 116.30±48.000 | fg     | 7.06±0.050 | fg  | 5.54±0.180  | h   | 0.92±0.015 | h  | 2.400±0.010 | b  |
| Guara         | 759.34±12.070 | c      | 271.89±7.950  | g      | 75.30±14.100  | hi     | 267.80±41.000 | b      | 6.95±0.190 | fg  | 7.47±0.020  | d-f | 1.29±0.010 | g  | 2.745±0.025 | a  |
| Laurenne      | 633.62±12.450 | d      | 158.30±8.110  | j      | 39.41±21.200  | j      | 114.55±33.500 | g      | 8.40±0.120 | c   | 6.58±0.050  | g   | 0.60±0.020 | i  | 1.410±0.010 | fg |
| Marta         | 772.58±5.770  | c      | 267.27±6.610  | g      | 55.59±67.400  | ij     | 146.20±19.000 | e      | 5.49±0.040 | hi  | 5.74±0.040  | h   | 0.43±0.005 | i  | 1.980±0.030 | cd |
| Moncayo       | 508.27±9.370  | e      | 187.69±3.470  | h-j    | 51.60±21.700  | ij     | 117.70±53.000 | fg     | 7.50±0.210 | d-f | 5.34±0.020  | hi  | 0.54±0.020 | i  | 2.570±0.110 | ab |
| Ne Plus Ultra | 837.95±13.500 | b      | 241.40±2.610  | gh     | 122.90±37.200 | e-g    | 113.90±17.000 | g      | 4.77±0.060 | i   | 7.30±0.080  | e-g | 1.08±0.000 | h  | 1.700±0.020 | e  |
| SüperNova     | 552.80±1.650  | e      | 153.00±7.460  | j      | 331.10±24.500 | a      | 68.40±21.000  | hi     | 6.88±0.070 | fg  | 5.30±0.080  | hi  | 1.53±0.020 | ef | 2.160±0.040 | c  |

\*: Aynı sütunda aynı harfli ortalamalar arasındaki fark p<0.05 düzeyinde önemli değildir.

Anaç -çeşitlerin kombinasyonlarının yapraklarındaki nikel içerikleri 14.26 mg kg<sup>-1</sup> (Ferragnes/GF-677) ile 4.77 mg kg<sup>-1</sup> (Ne Plus Ultra/çöğür) arasında, meyvelerindeki nikel içerikleri ise 2.745 mg kg<sup>-1</sup> (Guara/GF-677) ile 0.43 mg kg<sup>-1</sup> (Marta/çöğür) arasında değişiklik göstermiştir. Yapraklardaki nikel miktarı Garrigues anacına aşılacak 5 çeşitte, GF-677 anacına aşılacak 6 çeşitte daha yüksek; meyvelerindeki Nikel miktarı ise GF-677 anacına aşılacak tüm çeşitlerde daha yüksek olarak saptanmıştır. Anaçlar bademlerin yaprak ve meyvelerindeki Nikel miktarını etkilemiştir. Badem ağaçlarının yapraklarının Nikel içeriği meyvelerine oranla çok daha yüksektir. Bitkiler için Nikelin birçok fizyolojik rolü olduğu düşünülmektedir, ancak bu rol hala tam olarak anlaşılmamıştır. Nikel, bitkilerin sağlıklı büyümesi ve gelişimi için gerekli olan bir mikroelementtir. Özkaynak (2014) çalışmasında Ni miktarını ortalama olarak bademde 0.929 mg kg<sup>-1</sup> olarak bildirmiş ve bizim çalışmamıza benzer bulgular ortaya koymuştur (Çizelge 5).

#### Çinko (Zn)

Yapraklardaki çinko içeriği 67.38 mg kg<sup>-1</sup> (Marta/çöğür) ile 10.31 mg kg<sup>-1</sup> (Bertina/çöğür) arasında; meyvelerdeki çinko içeriği ise 98.46 mg kg<sup>-1</sup> (Ferraduel/GF-677) ile 39.92 mg kg<sup>-1</sup> (Süper Nova/çöğür) arasında değişiklik göstermiştir. Badem yapraklarındaki çinko miktarına göre anaçlar karşılaştırıldıklarında Garrigues anacına aşılacak 6 çeşidin GF-677 anacına aşılacak 5 çeşidin; meyvelerdeki Çinko miktarına göre ise Garrigues anacına aşılacak 3, GF-677 anacına aşılacak 8 çeşidin içeriği daha yüksek olarak saptanmıştır. Anaçlar badem ağaçlarının yaprak ve meyvelerinin Çinko miktarını etkilemiştir (Çizelge 6).

Çantal (2022), yaptığı çalışmada anaç x çeşit kombinasyonlarının yapraklarındaki çinko elementini 6.50 mg kg<sup>-1</sup> -17.91 mg kg<sup>-1</sup>, iç meyvelerde 30.06 mg kg<sup>-1</sup> 40.94 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlemiş ve Çinko bulguları çalışmamızın sonuçlarından kısmen düşük olarak değerlendirilmiştir.

Anaç ve çeşitler ile onların kombinasyonlarının meyve ağaçlarında mineral beslenme üzerinde anlamlı derecede etkili olduğu ancak, bu anlamlı etkiye rağmen, hangi anaçın, çeşidin veya kombinasyonun meyve ağaçlarında genel beslenme durumu üzerinde daha etkili olduğuna yönelik kesin bir sonuca ulaşılamamıştır (Nazlı ve Erdal, 2019). Meyvenin yanısıra, yaprakların N, P, K, Mg, Fe içeriğine de anaçların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunan çalışmalar raporlanmıştır (Bolat vd., 1995, Kamiloğlu vdadaşları, 2015; Nazlı ve Erdal, 2019).

Değişik türlerde yapılan birçok çalışmada da anaçların üzerine aşıllı çeşitlerde meyvenin suda çözünür kuru madde, asit, besin elementi içeriğini farklı şekilde etkilediği saptanmıştır (Muradoğlu vd. 2011, Stern ve Doron, 2009; Parvaneh vd. 2011; Fallahi vd., 2012).

Anaçlar meyve ağaçlarının beslenmesinde etkili rol oynamaktadır. Farklı toprak özellikleri üzerinde yetiştiricilik yaparken anaçların bu etkilerinden faydalanılmaktadır (Jimenez vd, 2011). Su ve besin elementlerinin alınması anaç ile çeşit arasında karmaşık etkileşimler sonucu; hormonlar, makromoleküller ve m RNA'lar tarafından kontrol edilmektedir (Nawaz vd. 2016; Martinez-Ballesta, 2010; Buzo vd. 2009).

**Çizelge 6.** Anaç - çeşitlerin yaprak ve meyvelerindeki çinko içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>).Table 6. Zinc contents in leaves and fruits of rootstocks -varieties (mg kg<sup>-1</sup>).

| Çeşitler      | Yaprak      |    |             |    | Meyve        |    |              |     |
|---------------|-------------|----|-------------|----|--------------|----|--------------|-----|
|               | Çögür       |    | GF-677      |    | Çögür        |    | GF-677       |     |
| Bertina       | 10.31±0.100 | k* | 14.82±0.140 | j  | 40.80±0.350  | ij | 56.03±10.200 | de  |
| Felisia       | 17.00±0.040 | ij | 35.21±0.160 | d  | 43.90±0.040  | i  | 71.52±0.260  | b   |
| Ferraduel     | 24.66±0.150 | gh | 53.43±0.080 | b  | 57.37±0.970  | d  | 98.46±0.210  | a   |
| Ferragnes     | 19.50±0.070 | i  | 47.61±2.529 | c  | 48.25±0.400  | h  | 47.79±0.460  | h   |
| Glorietta     | 22.82±0.050 | h  | 17.81±0.140 | ij | 53.44±0.130  | ef | 51.72±13.400 | fg  |
| Guara         | 18.29±0.060 | i  | 23.26±0.240 | h  | 55.41±0.210  | de | 72.11±0.450  | b   |
| Laurenne      | 54.63±0.130 | b  | 17.48±0.070 | ij | 43.89±0.180  | i  | 50.75±0.150  | f-h |
| Marta         | 67.38±0.120 | a  | 26.62±0.090 | fg | 43.33±0.050  | i  | 48.47±0.020  | gh  |
| Moncayo       | 30.78±0.070 | e  | 17.90±0.080 | ij | 40.88±11.500 | ij | 62.06±0.480  | c   |
| Ne Plus Ultra | 28.52±0.060 | ef | 23.80±0.180 | gh | 71.74±0.240  | b  | 55.40±0.300  | de  |
| Süper Nova    | 24.43±0.580 | gh | 16.48±0.070 | ij | 39.92±11.000 | j  | 42.21±0.110  | ij  |

\*: Aynı sütunda aynı harfli ortalamalar arasındaki fark p&lt;0.05 düzeyinde önemli değildir.

Sonuç olarak anaçlar meyve ağaçlarının besin maddelerinin alınmasında, yaprak ve meyvelerdeki besin maddesi miktarlarını etkilemektedir (Barbera vd, 1994; Vahdati vd. 2021)

## SONUÇ

Meyvecilikte anaçlar; ağaçların gelişimi, toprak koşullarına adaptasyon, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık, meyve verimi ve kalitesine olumlu etki sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Anaçlar, üzerine aşılanmış çeşitlerin yetiştiriciliğine sağladığı avantajların yanında; meyve irilik, renk vb kalite özelliklerine ve biyokimyasal kompozisyonlarına da etki etmektedir.

Çalışmada kullanılan anaçlardan GF-677 anacı üzerine aşılanmış çeşitlerin içeriğinde Garrigues anacına aşılanmış çeşitlere oranla daha yüksek miktarda besin elementleri belirlenmiştir. Bununla birlikte anaçların etkileri, besin elementi ve çeşitlere göre de farklılıklar göstermiştir. Dolayısıyla meyve ve yapraklardaki makro-mikro elementlerin içeriği üzerine anaç-çesit kombinasyonlarının etkisinin farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZAR KATKISI

Yazarların makaleye katkıları eşit düzeydedir.

## TEŞEKKÜR

Kenan Çelik'in Doktora Tez çalışması olan bu araştırma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığınca desteklenmiştir (Proje No: 2021.10.05.1531). Yapılan bu çalışmada GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

AACC. (1990). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th Ed. AACC, St. Paul, MN.

Aktaş, İ. (2023). *Antioksidan İçeren Besinler 3. Cilt*. İksad Yayınevi. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10207212>

Alpaslan, M., Güneş, A., & İnal, A. G. (2004, Ekim 11-13). *Gübreleme çalışmalarında bitki analizlerinin yeri ve farklı bitkiler için bitki besin maddesi kritik düzeyleri*. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tokat. <https://doi.org/10.30910/turkjans.897880>

Aslan, E. (2019). *Siverek Yöresinde Yetişen Taze Badem Örneklerinin Ağır Metal, Fenolik Asit ve Antioksidan Özelliklerinin Araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi]. Batman Üniversitesi, Batman.




- Barbera, G., Di Marco, T., La Mantia, T., & Schirra, M. (1994). Effect of rootstock on productive and qualitative response of two almond varieties. *ISHS Acta Horticulture*, 373, 129–134.
- Bernoussi, S., E., Boujemaa, I., Harhar, H., Belmaghraoui, W., Mattheaus, B., & Tabyaoui, M. (2020). Evaluation of oxidative stability of sweet and bitter almond oils under accelerated storage conditions. *Journal of Stored Products Research*, 88, 101662. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101662>
- Bolat, İ., Pirlak, L., & Pamir, M. (1995). *Farklı Anaçların Bazı Elma Çeşitlerindeki Bitki Besin Elementi İçeriğine Etkileri*. II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt I, 35-39.
- Brown, P., & Uriu, K. (1996). Nutrition Deficiencies and Toxicities: Diagnosing and Correcting Imbalances. *Almond Production Manuel, Technical Editor Warren C. Micke*, s.179–188.
- Buzo, T., McKenna, J., Kaku, S., Anwar, S. A., & McKenry, M.V. (2009). VX211, A vigorous new walnut hybrid clone with nematode tolerance and a useful resistance mechanism. *Journal of Nematology*, 41, 211.
- Campos, C. R., Sousa, B., Silva, J., Braga, M., Araújo, S. D. S., Sales, H., Pontes, R., & Nunes, J. (2023). Positioning Portugal in the context of world almond production and research. *Agriculture*, 13, 1716. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091716>
- Castle, W. S., Baldwin, J. C., Muraro, R. P., & Littell, R. (2010). Performance of 'Valencia' sweet orange trees on 12 rootstocks at two locations and an economic interpretation as a basis for rootstock selection. *Hortscience*, 45, 523-533. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.4.523>
- Çantal, D. (2022). *Effect of Different Rootstocks on Fruit Quality and Plant Nutrient Content of Almond cvs. Ferragnes and Ferraduel*. [Msc Thesis]. Ege University Graduate School of Applied and Natural Science.
- Fallahi, E., Fallahi, B., & Amiri, M. E. (2012). Rootstock and Et-based irrigation effects on mineral nutrition, yield, and harvest quality over different seasons in 'Pacific Gala' apple. *Acta Horticulturae*, 1058, 477–483.
- Jiménez, S., Ollat, N., Deborde, C., Maucourt, M., Rellán-Álvarez, R., Moreno, M. Á., & Gogorcena, Y. (2011). Metabolic response in roots of Prunus rootstocks submitted to iron chlorosis. *Journal of Plant Physiology*, 168, 415–423. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.08.010>
- Kamiloğlu, M. U., Kaplankıran, M., & Çimen, B. (2015). Farklı anaçların rio red altıntopunda meyve verimi, yaprak bitki besin elementleri ve klorofil içeriği üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2), 16-20.
- Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., & Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock-scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>
- Gracia, B. M., Reig, D., Rubio-Cabetas, M. J., & García, M. A. S. (2021). Study of phenolic compounds and antioxidant capacity of Spanish almonds. *Foods*, 10, 2334. <https://doi.org/10.3390/foods10102334>
- Muradoğlu, F., Gündoğdu, M., Ünsal, H., & Tüfenkçi, Ş. (2011). *Starking Delicious ve Golden Delicious Elma Çeşitlerinin Kimyasal Kompozisyonu Değişimi Üzerine Anaçın Etkisi*. Türkiye VI. Bahçe Bitkileri Kongresi. 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa. 88-396.
- Nawaz, M. A., Imtiaz, M., Kong, Q., Cheng, F., Ahmed, W., Huang, Y., & Bie, Z. (2016). Grafting: A technique to modify ion accumulation in horticultural crops. *Front Plant Science*, 7, 1457. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01457>
- Nazlı İ., & Erdal İ. (2019). Influence of rootstock and variety on leaf nutrient concentration of pear grown on a nutrient sufficient soil. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Journal of Agriculture and Nature*, 22(Ek Sayı 1), 141-147. <https://doi.org/1.18016/ksutarimdogu.vi.563740>
- Oğuz, H. İ., Bayram, S. E., & Eroğul, D. (2011, Mayıs 09-12). GAP Üst Bölgesinde Kurak Koşullarda Yetiştirilen Standart Badem (*Prunus Amygdalus* Batsch.) Çeşitlerinde Biyokimyasal ve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *GAP VI. Tarım Kongresi*.
- Özcan, M., Mathaus, B., Aljuhaimi, F., Ahmed, I., Gassem, M., & Alqah, H. (2020). Effect of almond genotypes on fatty acid composition, tocopherols and mineral contents and bioactive properties of sweet almond (*Prunus amygdalus* Batsch spp. *dulce*) kernel and oils. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 4182–4192.
- Özdemir, M. (2022). *Mardin ve Diyarbakır bölgesinde yetiştirilen bademlerden Elde Edilen Badem Sütlerinin Fizikokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Özkaynak, S. (2014). *Türkiye'de tüketilen bazı baklagil, kuruyemiş ve şifalı bitkilerde grafit fırınlı atomic absorpsiyon spektrometri ile eser element tayini*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Parlakçı, H. (2008). *Yabancı kökenli değişik badem çeşitlerinin bazı pomolojik ve kimyasal özellikleri ile bitki besin maddesi kapsamlarının belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Parvaneh, T., Afshari, H., & Ebadi, A. (2011). A study of the influence of different rootstocks on the vegetative growth of almond cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 10(74), 16808-16812.
- Stern, R. A., & Doron, I. (2009). Performance of 'Coscia' pear (*Pyrus communis* L.) on nine rootstocks in the north of Israel. *Scientia Horticulturae*, 119, 252-256. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.002>
- Şimşek, M., & Kızmaz, V. (2017). Beyazsu (Mardin) yöresindeki üstün badem (*Prunus amygdalus* Batsch) genotiplerinin kimyasal ve mineral kompozisyonlarının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 3(1), 6-11. <https://doi.org/10.24180/ijaws.298525>
- Yıldırım, A. N., Koyuncu, F., Tekintaş, E., & Yıldırım, F. A. (2008). Isparta bölgesinde selekte edilen badem (*Prunus amygdalus* Batsch.) genotiplerinin bazı kimyasal özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonları. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 19-25.
- Vahdati, K., Sarikhani, S., Arab, M., Leslie, C., A., Dandekar, A., Aletà, N., Bielsa, B., Gradziel, T., M., Montesinos, A., Rubio-Cabetas, M. J., Sidel, G. M., Serdar, Ü., Akyüz, B., Beccaro, G. L., Donno, D., Rovira, M., Ferguson, L., Akbari, M., Sheikhi, A., Sestras, A. F., Kafkas, S., Paizila, A., Roozban, M. R., Kaur, A., Panta, S., Zhang, L., Sestras, R., E., & Mehlenbacher, S. A. (2021). Advances in Rootstock Breeding of Nut Trees: Objectives and Strategies. *Plants*, 10, 2234. <https://doi.org/10.3390/plants10112234>.
- Wakeel, A., Hassan, A., Aziz, T., & Iqbal, M. (2002). Effect of different potassium levels and soil texture on growth and nutrient uptake of maize. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 39, 99-103.
- Webster, A. D., (1995). Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity, and yield productivity. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23, 373-382. <https://doi.org/10.1080/01140671.1995.9513913>



## Preservation of Postharvest Quality of Fresh-Cut Cauliflower through Exogenous Putrescine, Citric Acid and Salicylic Acid Treatments

Taze Kesilmiş Karnabaharın Hasat Sonrası Kalitesinin Dışsal Putresin, Sitrik Asit ve Salisilik Asit Uygulamalarıyla Korunması

Beyhan Kibar<sup>1</sup> , Hakan Kibar<sup>2</sup> , Emine Gündebahar<sup>3</sup> 

Received: 30.01.2024

Accepted: 18.03.2024

Published: 29.04.2024

**Abstract:** Cauliflower is among the perishable vegetables after harvest. In recent years, the popularity of fresh-cut cauliflower has increased among consumers as a minimally processed product. This study was carried out to determine the effects of exogenous putrescine (PUT), citric acid (CA) and salicylic acid (SA) treatments on postharvest quality of fresh-cut cauliflower stored at 4±0.5 °C and 90±5% relative humidity for 21 days. In the study, a total of seven different treatments using two different doses (0.5 and 1.0 mM) of PUT, CA and SA were investigated. To evaluate the quality of fresh-cut cauliflower, the necessary measurements and analyzes were performed at periodic intervals on days 0, 7, 14, and 21 of storage. The results demonstrated that quality properties changed significantly depending on the postharvest treatments and storage durations. With the increase of storage duration, weight loss and ash content increased, while K, Zn and Cu contents decreased. In general, the treatments examined in the study had positive effects on postharvest quality of cauliflower. Among the treatments, especially 1.0 mM PUT was found to be more effective. Compared to the control, 1.0 mM PUT treatment decreased weight loss by 61.32%, though it increased protein content by 14.48% and P content by 21.55%. It was concluded that 1.0 mM PUT treatment can be recommended as an alternative application method to extend the storage life of fresh-cut cauliflower and reduce postharvest quality losses.

**Keywords:** *Brassica oleracea* L. var. *botrytis*, storage, natural compounds, quality, nutritional composition

&

**Öz:** Karnabahar hasattan sonra çabuk bozulan sebzeler arasında yer almaktadır. Son yıllarda minimal işlenmiş bir ürün olarak taze kesilmiş karnabaharın tüketiciler arasında popülaritesi artmıştır. Bu çalışma, 21 gün boyunca 4±0.5 °C ve %90±5 nispi nemde muhafaza edilen taze kesilmiş karnabaharın hasat sonrası kalitesi üzerine dışsal putresin (PUT), sitrik asit (CA) ve salisilik asit (SA) uygulamalarının etkilerini belirlemek için yürütülmüştür. Çalışmada PUT, CA ve SA'nın iki farklı dozunun (0.5 ve 1.0 mM) kullanıldığı toplam yedi farklı uygulama araştırılmıştır. Taze kesilmiş karnabaharın kalitesini değerlendirmek için gerekli ölçüm ve analizler muhafazanın 0, 7, 14 ve 21. günlerinde periyodik aralıklarla yapılmıştır. Sonuçlar kalite özelliklerinin hasat sonrası uygulamalara ve muhafaza sürelerine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Muhafaza süresinin artmasıyla birlikte ağırlık kaybı ve kül içeriği artarken, K, Zn ve Cu içerikleri azalmıştır. Genel olarak çalışmada incelenen uygulamaların karnabaharın hasat sonrası kalitesi üzerine olumlu etkileri olmuştur. Uygulamalar arasında özellikle 1.0 mM PUT'un daha etkili olduğu bulunmuştur. Kontrol ile karşılaştırıldığında 1.0 mM PUT uygulaması ağırlık kaybını %61.32 oranında azaltırken, protein içeriğini %14.48 ve P içeriğini %21.55 oranında artırmıştır. Taze kesilmiş karnabaharın muhafaza ömrünü uzatmak ve hasat sonrası kalite kayıplarını azaltmak için 1.0 mM PUT uygulamasının alternatif bir uygulama yöntemi olarak önerilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Brassica oleracea* L. var. *botrytis*, muhafaza, doğal bileşikler, kalite, besin kompozisyonu

**Cite as:** Kibar, B., Kibar, H., & Gündebahar, E. (2024). Preservation of postharvest quality of fresh-cut cauliflower through exogenous putrescine, citric acid and salicylic acid treatments. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 10(1), 79-95. doi: 10.24180/ijaws.1428301

**Plagiarism/Ethic:** This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Prof. Dr. Beyhan Kibar, Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Horticulture, beyhan.kibar@ibu.edu.tr (Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Hakan Kibar, Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Seed Science and Technology, hakan.kibar@ibu.edu.tr

<sup>3</sup> M.Sc. Student Emine Gündebahar, Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Horticulture, 2210411003@ogrenci.ibu.edu.tr

## INTRODUCTION

Cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) is an important vegetable that belongs to the Brassicaceae (Cruciferae) family and is widely distributed in the Mediterranean countries. It is well known worldwide and has great economic benefits. The edible part of cauliflower is the immature inflorescence. The parts of cauliflower consumed as vegetable are called as curd. It is an important component of human diet. It is quite delicious and can be eaten raw, cooked or pickled. It is defined as a vegetable with high nutritional value because of important vitamins, antioxidants and anti-carcinogenic compounds it contains (Lee and Kader, 2000). Cauliflower is widely consumed due to its unique taste, nutritional value, and bioactive compounds such as glucosinolates (GLSs), carotenoids, phenolic compounds and ascorbic acid (Avato and Argentieri, 2015). It is a good source of vitamins (B1, B2, B3, B5, B6, C, E and K), protein, minerals (phosphorus, potassium, iron, magnesium and manganese), dietary fiber, folic acid and omega-3 fatty acids (Florkiewicz et al., 2014). It has many health benefits such as providing protection against various diseases. Cauliflower is rich in glucosinolates (anticancer compounds), a class of secondary metabolites in plants that have anticarcinogenic properties (Holst and Williamson, 2004). It is reported that the consumption of vegetables rich in glucosinolates, including cauliflower, can significantly reduce the risk of cancer (Lampe and Peterson, 2002; Neuhouser et al., 2003).

Cauliflower is a popular and important vegetable that is widely grown in Turkey. In Turkey, cauliflower was grown in an area of 86.771 da with a production of 239.857 tons in 2022 (TÜİK, 2023). In recent years, cauliflower cultivation in our country has been increasing rapidly due to the increase in demand, its sale in the market at higher prices than other cabbage group vegetables, and its higher income per unit area.

However, it is among the perishable vegetables after harvest. As cauliflower heads (curds) have a high respiration rate and water loss, their storage life is short (Kader, 2002). Cauliflower, with its high moisture content, is susceptible to microbial spoilage. It inflorescences are harvested while they are totally immature. Major postharvest problems affecting the shelf life of fresh cauliflower heads during marketing are yellowing and browning of heads, bitterness, softening, microbial attacks and spoilage, undesirable odor development and discoloration (Hodges et al., 2006; Licciardello et al., 2013; Zhan et al., 2014). These negativities affect consumer behavior and directly decrease consumer purchase.

Nowadays, with changes in lifestyle and consumption habits, there has been increasing interest in fresh-cut cauliflower as a minimally processed product (Sanz-Cervera et al., 2007). As consumer preferences for ready-to-use or ready-to-eat vegetables increase, fresh-cut or minimally processed cauliflower is becoming much more common as a convenience product in food services and retail markets (Escalona et al., 2007). The quality of fresh-cut cauliflower, usually sold in supermarkets, can easily deteriorate. The perishable nature of fresh-cut cauliflower is a limiting factor that reduces its consumption due to its short shelf life after harvest (Hodges et al., 2006). Consumers demand fresh and high-quality product with minimal changes in their nutritional and sensory properties during processing and storage. The quality of fresh-cut cauliflower is a combination of characteristics such as appearance, texture, color, flavor and nutritional value. Studies carried out to extend the shelf life and to reduce the nutritional loss of fresh-cut cauliflower during postharvest are of great importance.

In recent years, in addition to different preservation techniques, natural compounds such as polyamines (putrescine, spermine and spermidine), citric acid and salicylic acid have been used to decrease postharvest quality losses and extend the storage life of fresh-cut vegetables. Studies investigating the effects of the postharvest use of these compounds on the storage time and quality of different vegetables have increased. By treating fresh-cut vegetables with low-dose solutions of these compounds after harvest, quality can be preserved and storage time can be increased. On the other hand, the effectiveness of these compounds vary depending on many factors such as species, variety, application method, application time, application dose and environmental conditions (Horvath et al., 2007).

Polyamines (PAs), which are one of the substances used to protect or improve the postharvest quality of products, are low molecular weight organic compounds that occur naturally in plants (Khosroshahi et al., 2007). The most common PAs found in plants are reported to be putrescine, spermidine and spermine

(Takahashi and Kakehi, 2010). Among the PAs, putrescine (PUT) is generally found in the highest amount (Kalac and Krausova, 2005). In studies conducted on different vegetables, it has been reported that postharvest PA application delays ripening and aging, slows down the softening of fruit flesh, inhibits ethylene production and activity, controls respiration rate, and affects the postharvest shelf life and quality of the product (Gonzalez-Aguilar et al., 2000; Palma et al., 2014; Jia et al., 2018). Salicylic acid (SA) is an endogenous plant growth regulator that functions in the regulation of physiological events in plants (Hayat et al., 2010). It is a natural and safe phenolic compound produced by plants (Rivas-San Vicente and Plasencia, 2011). SA inhibits ethylene biosynthesis and delays aging (Özeker, 2005). SA has high potential to extend the postharvest storage life of fruits and vegetables and maintain their sensory and nutritional quality (Asghari and Aghdam, 2010). It has been reported that exogenous application of SA in horticultural crops is effective in maintaining postharvest quality (Asghari and Aghdam, 2010; Davarynejad et al., 2015; Dokhanieh and Aghdam, 2016). Citric acid (CA) is an organic acid and increases the postharvest storage life of horticultural products and affects the quality. It is widely used in the food industry as a preservative. It is one of the substances used to prevent darkening (Garcia and Barrett, 2002). It has been determined that the polyphenol oxidase (PPO) enzyme, which is associated with enzymatic darkening, is blocked by CA (Pizzocaro et al., 1993). Recently, researchers have focused on exogenous CA applications to maintain postharvest quality in horticultural crops (Manolopoulou and Varzakas, 2014; Kasım and Kasım, 2016; Ozturk et al., 2021).

Previous studies have shown that exogenously applied PUT, CA and SA reduce the losses in postharvest quality parameters in vegetables (Jia et al., 2018; Davras et al., 2019; Motamedi et al., 2020; Üner, 2021; Şahin, 2022; Kibar et al., 2023). However, there is little information on the effect of these compounds on the postharvest quality and shelf life of fresh-cut cauliflower. Therefore, the purpose of this study was to determine the influence of exogenous PUT, CA and SA treatments on postharvest quality (i.e., weight loss, total soluble solids, pH, ash, dry matter, color, protein and mineral contents) of fresh-cut cauliflower stored at  $4 \pm 0.5$  °C and  $90 \pm 5\%$  relative humidity for 21 days.

## **MATERIAL AND METHOD**

### ***Material***

Fremont F1 cauliflower variety (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) was used in the study. Sixty firm, compact, healthy, and medium size cauliflower heads were harvested at the commercial maturity stage from the field of a commercial farmer in Bolu, Türkiye. To ensure homogeneity in the experiment, cauliflower heads at the same size and maturity stage were selected. There was no disease, insect damage or mechanical damage in the cauliflower heads. After harvesting, the leaves were removed and the stalks were cut. Cauliflower heads were immediately transported to the laboratory in plastic crates.

PUT and SA used in the study were purchased from Sigma-Aldrich company, and CA was purchased from Akbel Kimya company.

### ***Experimental Design, Treatments and Sample Preparation***

The experiment was established in a completely randomized design (CRD) with three replications and each replication contained three packages containing 800 g of fresh-cut cauliflower sample. In the study, a total of seven different treatments using two different doses (0.5 and 1.0 mM) of PUT, CA and SA were investigated (Table 1). No PUT, CA and SA was added to the control application.

After the outer leaves were removed, cauliflower inflorescences were cut with a stainless steel knife into single florets of 30-60 g each by carefully separating the florets from the main stem. The total soluble solids, pH, ash, dry matter, color, protein and mineral contents of the initial fresh-cut cauliflower sample were determined. Fresh-cut cauliflower samples were divided into seven equal groups for treatments. Then, the samples were subjected to the treatments in the study. PUT, CA and SA solutions were prepared at the doses discussed in the study, and postharvest treatments were made by dipping cauliflower samples into the solutions. The samples were immersed in 2 L of solutions (Table 1) at 4 °C containing 0.01% dose of Tween 20 used as an adhesive and left for 5 min. Control group samples were similarly immersed in distilled water at 4 °C containing 0.01% dose of Tween 20 used as an adhesive and kept for 5 min. After the



dipping process, all samples were kept on drying papers for 30 min at room conditions (20-23 °C and 50-60% relative humidity) to remove excess water. Five holes with a diameter of 2 mm were drilled on the lids of the transparent plastic containers to be used for preservation. Then, 800 g of the cauliflower sample was weighed, placed in 2 L transparent plastic containers with lids and closed.

**Table 1.** Treatments used in the study.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan uygulamalar.

| Treatment             | Abbreviation |
|-----------------------|--------------|
| Control               | Control      |
| 0.5 mM Putrescine     | 0.5 mM PUT   |
| 1.0 mM Putrescine     | 1.0 mM PUT   |
| 0.5 mM Citric Acid    | 0.5 mM CA    |
| 1.0 mM Citric Acid    | 1.0 mM CA    |
| 0.5 mM Salicylic Acid | 0.5 mM SA    |
| 1.0 mM Salicylic Acid | 1.0 mM SA    |

### Storage

The samples, packaged in triplicate, were immediately placed on shelves in the cold storage room and stored for 21 days at 4±0.5 °C and 90±5% relative humidity. To evaluate the quality of fresh-cut cauliflower, measurements and analyzes were performed at periodic intervals on days 0, 7, 14, and 21 of storage.

### Determination of Weight Loss (WL)

Initial fresh weight of each packet was determined immediately after treatments before storage. WL was detected by regularly weighing the cauliflower samples at different storage days (7, 14, and 21) and expressed as percentage WL. The samples were weighed on a precision balance with a precision of 0.01 g. On days 7, 14 and 21, the differences compared with the initial weight. WL was calculated using the following formula as stated in the study of Hodges et al. (2006).

$$WL (\%) = \frac{(FW_0 - FW_r)}{FW_0} \times 100 \quad (1)$$

where;

FW<sub>0</sub> = fresh weight of cauliflower before storage, g

FW<sub>r</sub> = fresh weight of cauliflower at 7, 14 and 21 d of storage, g

### Determination of Dry Matter, Ash, Total Soluble Solids (TSS) and pH Contents

The dry matter content of the cauliflower samples was determined by using the procedures of AOAC (1990) and expressed as percentage.

The ash content was detected by burning the dried samples in a ash oven (Mipro MKF, Ankara, Türkiye) at 550 °C for about 8 h until gray white ash was obtained (AOAC, 1990). The ash content was expressed as percentage.

To determine TSS, cauliflower sample consisting of florets and stems was juiced using a commercial home juicer. TSS was measured with a hand-held refractometer (ATC-1, Atago, Japan) and expressed as percentage.

For pH measurement, 25 g of cauliflower sample was kept in a beaker with 100 mL of pure water at room temperature (23±1.5 °C) for 24 h. Then, the pH values of the samples were measured using a digital pH meter (Thermo Scientific, Orion Star A111, USA).

### Determination of Protein Content

The total nitrogen (N) content of cauliflower samples was determined according to Kjeldahl method. The protein content (Nx6.25) was calculated as described by AOAC (1990) and expressed as percentage.

### *Determination of Mineral Element Contents*

To determine element contents [phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu)], all samples were dried in an oven at 65 °C until they reached a constant weight. Then, dried cauliflower samples were ground into powder by using a grinder (MC23200, Siemens, Germany). Subsequently, the samples prepared for analysis according to the microwave digestion method. Element contents were detected using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS; Thermo Scientific, X Series, Cambridge, U.K.). Phosphorus content was determined by UV-visible spectrophotometer (UV-1800, Shimadzu, Japan). Mineral element contents were expressed as mg kg<sup>-1</sup> dry weight (DW).

### *Determination of Color*

The color of cauliflower samples was measured by using a digital colorimeter (3NH NR60CP, Shenzhen, China) at different storage days (0, 7, 14 and 21) and expressed as L\*, a\*, b\*, Chroma and Hue angle values. Color was measured at five different points on the surface of the cauliflower florets from each replicate per treatment.

### *Statistical Analysis*

The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with three replications. All chemical analyzes were performed in triplicate. The results obtained were expressed as mean ± standard deviation. Data were analyzed to two-factor analysis of variance to define the effects of the main factors and interactions (SD × T); wherein storage duration (SD) and treatments (T) were regarded as the main factors (JMP software version 13.2; SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). The differences among means were determined by the Tukey's HSD test (P < 0.05).

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### *Changes in WL, Dry Matter, Ash, TSS and pH Contents*

The analysis of variance showed that the difference among the storage durations in terms of WL, ash, TSS and pH content was statistically significant (P<0.01). On the other hand, no statistically significant difference was found among the storage durations in terms of dry matter content. There were significant differences in terms of all the examined properties except pH among the treatments. When the interaction between storage durations and treatments was examined, it was found to be significant (P<0.01) in terms of all the examined properties (Table 2).

When the effect of storage durations on WL was examined, the highest WL was found on the 21st day (1.89%). It was determined that WL increased regularly during storage. Among the treatments, the highest values in terms of WL were detected in 0.5 mM SA and control (1.73 and 1.71%, respectively), whereas the lowest WL was observed in 1.0 mM PUT treatment with 1.06%. It was determined that 1.0 mM PUT treatment reduced WL by 61.32% compared with the control. Post-harvest treatments in the study had a positive effect on WL of cauliflower. Compared to the control, the lower values in terms of WL were obtained from all treatments except 0.5 mM SA. In the present study, WL differed significantly according to different storage durations and treatments. WL varied between 0.70% (Day 7×1.0 mM PUT) and 2.40% (Day 21×Control). The highest dry matter content was found in 0.5 mM PUT treatment, while the lowest values for dry matter content were observed in control, 0.5 CA, 1.0 CA and 1.0 SA treatments. Depending on different storage durations and treatments investigated in the study, dry matter content varied from 7.35% (Day 7×1.0 mM SA) to 8.94% (Day 21×0.5 mM PUT). When storage durations were examined, the highest ash content was detected on the 21st day. With the increase in storage duration, the ash content also increased. Compared with before storage, ash content increased significantly after storage. Among the treatments, maximum ash contents were found in 1.0 mM PUT and 0.5 mM SA, whereas minimum ash contents were observed in 0.5 mM PUT and 0.5 mM CA. The ash content varied from 5.10 to 9.86% depending on storage duration × treatment interaction. Compared to before storage, TSS content decreased significantly after storage. TSS contents fluctuated depending on storage duration. TSS content increased on the 14th day of storage and decreased on the 21st day. Among the treatments, maximum TSS content was found in 0.5 mM PUT (6.43%), whereas minimum TSS content was recorded in 0.5 mM SA and 1.0 mM SA treatments with 5.28%. When storage duration × treatment interaction was examined, TSS content

ranged from 4.75 to 7.30%. In the current study, pH contents fluctuated depending on storage duration. The highest pH value was determined on the 7th day, while the lowest pH value was detected on the 14th day. In general, pH content decreased on the 14th day of storage and increased on the 21st day. Depending on different storage durations and treatments discussed in the study, pH value varied from 6.07 to 7.15.

Loss in weight during storage of vegetables is considered as a quality decrease parameter. The high respiration rate of vegetables causes an increase in WL during storage and a short shelf life. WL is mainly due to water loss in vegetables through transpiration and evaporation of water. Vegetables are particularly vulnerable to quick water loss (Kays, 1991). Water loss is an important factor in shortening the storage life of fresh products by affecting their deterioration during storage (Pan and Sasanatayart, 2016). Similar to our findings, previous studies found that WL of fresh-cut cauliflower increased continuously during cold storage (Miceli et al., 2015; Kasim and Kasim, 2017; Giuffrida et al., 2018; Madonna et al., 2018; Nasrin et al., 2022). Dhall et al. (2010) determined that WL varied between 1.70-4.25% after 21-day storage at  $0\pm 1$  °C in cauliflower, which was consistent with our findings. Kibar et al. (2023) reported that SA, CA and PUT applications decreased significantly weight loss of broccoli stored at 4 °C for 21 days compared to the control, which was compatible with our results. In another study, the effect of PUT, SA and CA treatments on WL of *Pleurotus ostreatus* mushroom stored at 4 °C for 14 days was found to be insignificant (Şahin, 2022). In the study conducted on cucumber by Jia et al. (2018), it was found that WL could be reduced with PUT application. Our results are consistent with the researchers' findings. It was stated that CA treatments significantly reduced WL of *Agaricus bisporus* mushroom at the end of the storage period compared to the control (Lagnika et al., 2014; Khan et al., 2015; Gupta and Bhat, 2016). Alali et al. (2023) reported that CA has the ability to close stomata, reduce transpiration rates, and decrease WL in fruits and vegetables. In studies conducted on cucumber (Altıkardeş et al., 2018), tomato (Davras et al., 2019) and parsley (Üner, 2021), it was determined that postharvest SA applications significantly reduced WL at the end of the storage period compared to the control.

The dry matter amount of fresh-cut cauliflower decreased during cold storage (14 days at 4 °C) and also decreased at the end of the storage period compared to before storage (Giuffrida et al., 2018). Since dry matter is used in respiration, a decrease in the amount of dry matter during storage is an expected result. On the contrary, Cebula et al. (2006) reported that the dry matter content of cauliflower stored at 2 °C for 5 weeks increased after storage compared to before storage. In another study, the effect of PUT, SA and CA applications on dry matter amount of *Pleurotus ostreatus* mushroom stored at 4 °C for 14 days was found to be insignificant. It was also reported that dry matter amount decreased as storage time increased (Şahin, 2022). Ozturk et al. (2021) stated that CA application generally caused a decrease in dry matter amount of *Cantharellus cibarius* mushroom stored at 0 °C for 12 days compared to the control.

The ash content of vegetables typically consists of various minerals such as potassium, calcium, phosphorus and magnesium. The change in the ash content of vegetables during the storage period directly affects the change in mineral content. Similar to our findings, it was stated that the ash content of broccoli stored at 4 °C for 21 days increased significantly compared to before storage. Researchers also reported that there was no significant difference in terms of ash content among SA, CA, PUT and control (Kibar et al., 2023). In another study, the effect of PUT, SA and CA applications on ash content value of *Pleurotus ostreatus* mushroom stored at 4 °C for 14 days was found to be insignificant (Şahin, 2022). Ozturk et al. (2021) stated that significant increases in the amount of ash were observed in *Cantharellus cibarius* mushroom stored at 0 °C for 12 days as a natural result of water loss as the storage period progressed. Researchers also reported that the ash content in CA application was lower than the control at the end of the storage period.

Sugars constitute the majority of total soluble solid amount. The sugar content of vegetables generally decreases during post-harvest period because they are consumed through respiration and the sugar supply from the plant is interrupted (Lemoine et al., 2009). As a matter of fact, in our study, total soluble solid content of fresh-cut cauliflower decreased significantly compared to before storage. Similar to our findings, Kasim and Kasim (2017) reported that total soluble solid content of fresh-cut cauliflower stored for 28 days at 4 °C reduced significantly compared to before storage. Likewise, Giuffrida et al. (2018) determined that

total soluble solid content of fresh-cut cauliflower decreased during cold storage (14 days at 4 °C) and also decreased at the end of the storage period compared to before storage. On the other hand, Nasrin et al. (2022) found that total soluble content of fresh-cut cauliflower increased during 20 days of storage at 4 °C. Kibar et al. (2023) reported that TSS content of fresh-cut broccoli increased as storage time increased, and TSS content in SA, CA and PUT applications was lower than control. In terms of the soluble solid content in *Pleurotus ostreatus* mushroom stored at 4 °C for 14 days, higher values were obtained from PUT, SA and CA applications compared to the control (Şahin, 2022). It was determined that PUT and CA

**Table 2.** Effect of putrescine, citric acid and salicylic acid on WL, dry matter, ash, TSS and pH contents of fresh-cut cauliflower during storage at 4 °C.

Çizelge 2. 4 °C’de muhafaza süresince taze kesilmiş karnabaharın WL, kuru madde, kül, TSS ve pH içerikleri üzerine putresin, sitrik asit ve salisilik asidin etkisi.

| Storage duration (SD)          | WL (%)        | Dry matter (%) | Ash (%)       | TSS (%)       | pH            |
|--------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Before storage                 | 0.00±0.00 D   | 8.23±0.33 ns   | 7.56±0.60 C   | 8.00±0.45 A   | 6.49±0.13 B   |
| Day 7                          | 0.86±0.15 C   | 8.03±0.52 ns   | 7.67±1.23 BC  | 5.53±0.78 C   | 7.10±0.10 A   |
| Day14                          | 1.58±0.30 B   | 7.95±0.44 ns   | 8.42±0.56 AB  | 6.40±0.55 B   | 6.15±0.15 C   |
| Day 21                         | 1.89±0.34 A   | 8.20±0.61 ns   | 9.06±0.72 A   | 5.54±0.72 C   | 6.60±0.20 B   |
| Treatment (T)                  |               |                |               |               |               |
| Before storage                 | 0.00±0.00 B   | 8.23±0.23 AB   | 7.56±0.12 B   | 8.00±0.45 A   | 6.49±0.38 ns  |
| Control                        | 1.71±0.70 A   | 7.87±0.21 B    | 8.10±0.13 AB  | 5.92±0.75 BC  | 6.53±0.44 ns  |
| 0.5 mM PUT                     | 1.28±0.36 A   | 8.66±0.56 A    | 7.58±0.45 B   | 6.43±0.68 B   | 6.64±0.46 ns  |
| 1.0 mM PUT                     | 1.06±0.30 A   | 8.20±0.26 AB   | 9.24±0.51 A   | 6.22±0.40 BC  | 6.68±0.37 ns  |
| 0.5 mM CA                      | 1.35±0.44 A   | 7.96±0.38 B    | 7.44±1.81 B   | 5.97±0.82 BC  | 6.66±0.49 ns  |
| 1.0 mM CA                      | 1.37±0.49 A   | 7.91±0.55 B    | 8.50±0.78 AB  | 5.67±1.05 BC  | 6.48±0.46 ns  |
| 0.5 mM SA                      | 1.73±0.52 A   | 7.99±0.72 AB   | 9.26±0.39 A   | 5.28±0.57 C   | 6.68±0.40 ns  |
| 1.0 mM SA                      | 1.59±0.45 A   | 7.84±0.48 B    | 8.57±0.59 AB  | 5.28±0.50 C   | 6.63±0.43 ns  |
| SD × T                         |               |                |               |               |               |
| Before storage                 | 0.00±0.00 l   | 8.23±0.23 ab   | 7.56±0.12 fgh | 8.00±0.25 a   | 6.49±0.12 efg |
| Day 7×Control                  | 0.83±0.07 ijk | 8.05±0.10 ab   | 8.05±0.12 efg | 6.45±0.45 bcd | 7.07±0.12 a-d |
| Day 14×Control                 | 1.90±0.10 bcd | 7.90±0.20 ab   | 8.10±0.20 efg | 6.30±0.30 cd  | 6.09±0.09 h   |
| Day 21×Control                 | 2.40±0.20 a   | 7.67±0.10 ab   | 8.16±0.10 cde | 5.00±0.25 gh  | 6.43±0.10 e-h |
| Day 7×0.5 mM PUT               | 0.82±0.08 ijk | 8.57±0.20 ab   | 7.17±0.17 h   | 6.00±0.22 def | 7.12±0.12 ab  |
| Day 14×0.5 mM PUT              | 1.42±0.08 gh  | 8.48±0.20 ab   | 7.56±0.10 fgh | 7.30±0.13 ab  | 6.09±0.10 h   |
| Day 21×0.5 mM PUT              | 1.59±0.10 efg | 8.94±1.00 a    | 8.00±0.52 efg | 6.00±0.32 def | 6.72±0.08 cde |
| Day 7×1.0 mM PUT               | 0.70±0.15 k   | 8.39±0.40 ab   | 8.75±0.25 bc  | 6.45±0.45 bcd | 7.07±0.07 a-d |
| Day 14×1.0 mM PUT              | 1.12±0.08 hi  | 8.14±0.14 ab   | 9.10±0.13 b   | 6.20±0.20 cde | 6.25±0.15 fgh |
| Day 21×1.0 mM PUT              | 1.36±0.04 gh  | 8.06±0.06 ab   | 9.86±0.10 a   | 6.00±0.51 def | 6.73±0.07 b-e |
| Day 7×0.5 mM CA                | 0.79±0.10 jk  | 7.68±0.20 ab   | 5.10±0.21 i   | 5.00±0.52 gh  | 7.15±0.15 a   |
| Day 14×0.5 mM CA               | 1.48±0.10 fg  | 7.82±0.10 ab   | 8.14±0.14 def | 6.20±0.30 cde | 6.07±0.07 h   |
| Day 21×0.5 mM CA               | 1.77±0.10 c-f | 8.37±0.37 ab   | 9.09±0.09 b   | 6.70±0.35 bcd | 6.77±0.13 a-e |
| Day 7×1.0 mM CA                | 0.77±0.04 jk  | 7.66±0.20 ab   | 7.53±0.23 gh  | 5.00±0.50 gh  | 7.08±0.12 a-d |
| Day 14×1.0 mM CA               | 1.45±0.15 g   | 7.99±1.00 ab   | 8.71±0.20 bcd | 7.00±0.25 bc  | 6.10±0.13 gh  |
| Day 21×1.0 mM CA               | 1.89±0.10 b-e | 8.08±0.20 ab   | 9.27±0.12 ab  | 5.00±0.25 gh  | 6.27±0.10 fgh |
| Day 7×0.5 mM SA                | 1.05±0.10 ij  | 8.52±0.50 ab   | 8.93±0.07 b   | 5.05±0.20 fgh | 7.10±0.12 abc |
| Day 14×0.5 mM SA               | 2.01±0.10 bc  | 7.49±0.10 b    | 9.10±0.12 b   | 6.00±0.15 def | 6.26±0.26 fgh |
| Day 21×0.5 mM SA               | 2.13±0.07 ab  | 7.96±1.00 ab   | 9.76±0.10 a   | 4.80±0.20 h   | 6.69±0.22 de  |
| Day 7×1.0 mM SA                | 1.04±0.06 ij  | 7.35±0.35 b    | 8.16±0.16 cde | 4.75±0.25 h   | 7.11±0.11 abc |
| Day 14×1.0 mM SA               | 1.65±0.10 d-g | 7.85±0.10 ab   | 8.25±0.25 cde | 5.80±0.22 d-g | 6.17±0.17 gh  |
| Day 21×1.0 mM SA               | 2.07±0.03 bc  | 8.31±0.31 ab   | 9.30±0.30 ab  | 5.30±0.33 e-h | 6.60±0.15 ef  |
| Significant effects (P values) |               |                |               |               |               |
| SD                             | 0.0001        | 0.4463         | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        |
| T                              | 0.0001        | 0.0106         | 0.0001        | 0.0001        | 0.9531        |
| SD × T                         | 0.0001        | 0.0071         | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        |

PUT: Putrescine; CA: Citric acid; SA: Salicylic acid; WL: Weight loss; TSS: Total soluble solids; ±: Standard deviation of mean; ns: non-significant.

applications increased the amount of total soluble solid compared to the control in *Agaricus bisporus* mushroom (Motamedi et al., 2020). Similarly, in the study conducted on cucumber by Jia et al. (2018), it was found that soluble solid content decreased during the storage period, and the amount of total soluble solid in PUT application was significantly higher than the control at the end of the storage period. Accordingly, the results obtained in the current study are consistent with findings of Jia et al. (2018). It was reported that the amount of total soluble solid in fresh-cut broad bean decreased during the storage period, and that the amount of total soluble solid in CA applications was higher than in the control at the end of the storage period (Kasım and Kasım, 2016). In studies conducted on tomato (Akbulut, 2015) and pepper (Gülsoylu, 2015), soluble solid content in SA treatments was found to be higher than in the control at the end of the storage period. Davras et al. (2019) and Ünner (2021) reported that no significant difference was observed between control and SA applications in terms of soluble solid content in tomato and parsley during storage.

The change in pH during storage is associated with the growth of microorganisms and the resulting production of organic acids (Heard, 2002). Miceli et al. (2015) reported that pH value of minimally processed cauliflower decreased during storage (21 days at 4 °C). On the other hand, Nasrin et al. (2022) found that pH increased in fresh-cut cauliflower during 20 days of storage at 4 °C. Kibar et al. (2023) reported that effect of SA, CA and PUT applications on pH value of fresh-cut broccoli was found to be insignificant. Likewise, the effect of PUT, SA and CA on pH value of *Pleurotus ostreatus* mushroom stored at 4 °C for 14 days was found to be insignificant. It was also reported that pH value increased as storage time increased (Şahin, 2022). Our findings are similar to the results of Şahin (2022) and Kibar et al. (2023). Kasım and Kasım (2016) investigated the effects of CA applications at different doses on postharvest quality of fresh-cut broad bean. At the end of the storage period, the pH value in CA applications was found to be lower than the control. In studies conducted on pepper (Gülsoylu, 2015) and tomato (Davras et al., 2019), it was found that the pH value increased during storage and that the pH value in SA applications was lower than the control at the end of the storage period. It was determined that the effect of SA on pH in grated carrot stored at 4 °C for 10 days was insignificant (Ergun and Kösetürkmen, 2008).

#### **Changes in Protein and Mineral Contents**

As seen in Table 3, there were statistically significant differences among storage durations for K, Zn and Cu contents, while no statistically significant difference was found among storage durations for protein, P, Mg, Ca, Fe and Mn contents. The effects of treatments on protein, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn and Cu contents of cauliflower were statistically significant. Similarly, storage duration × treatment interaction in terms of the nutritional properties mentioned above were found to be statistically significant.

When the effect of treatments on protein content was examined, 1.0 mM PUT possessed the highest value with 17.63%, though the lowest values were recorded in control and 1.0 mM CA treatments. In the current study, it was determined that all treatments significantly increased protein content compared to the control. It was found that 1.0 mM PUT treatment increased protein content by 14.48% compared with the control. The protein content varied from 14.81 (Day 21×Control) to 18.13% (Day 21×1.0 mM SA) depending on storage duration × treatment interaction. Among the treatments, the highest P content was determined in 1.0 mM PUT and 0.5 mM SA, though the lowest P content was detected in control and 0.5 mM PUT. The higher values in terms of P content were obtained from all treatments except 0.5 mM PUT compared to the control. It was determined that 1.0 mM PUT treatment increased P content by 21.55% compared with the control. Regarding storage duration × treatment interaction, it was found that the highest P content (5616 mg kg<sup>-1</sup>) was detected in Day 7×1.0 mM PUT treatment, while the lowest P content (3989 mg kg<sup>-1</sup>) was observed in Day 14×Control treatment. Compared with before storage, K content decreased significantly after storage. With the increase in storage duration, the K content decreased. When the effect of treatments on K content was examined, the highest values were found in 1.0 mM PUT and 1.0 mM SA treatments. On the other hand, the lowest K content was observed in 0.5 mM PUT. Depending on different storage durations and treatments investigated in the study, K content varied from 21780 (Day 21×Control) to 27740 (Day 7×1.0 mM SA) mg kg<sup>-1</sup>. Among the treatments, the highest Mg and Ca contents were obtained from 1.0 mM SA, while the lowest values for Mg and Ca were recorded in 0.5 mM PUT. Compared with the

**Preservation of Postharvest Quality of Fresh-Cut Cauliflower through Exogenous Putrescine, Citric Acid and Salicylic Acid Treatments**

control, 1.0 mM SA treatment increased Mg and Ca contents by 13.38% and 22.46%, respectively. Mg and Ca contents varied from 1419 to 1949 mg kg<sup>-1</sup> and 4425 to 6977 mg kg<sup>-1</sup>, respectively, depending on storage duration × treatment interaction.

**Table 3.** Effect of putrescine, citric acid and salicylic acid on protein, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn and Cu contents of fresh-cut cauliflower during storage at 4 °C.

Çizelge 3. 4 °C'de muhafaza süresince taze kesilmiş karnabaharın protein, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri üzerine putresin, sitrik asit ve salisilik asidin etkisi.

| Storage duration (SD)          | Protein (%)   | P (mg kg <sup>-1</sup> ) | K (mg kg <sup>-1</sup> ) | Mg (mg kg <sup>-1</sup> ) | Ca (mg kg <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Before storage                 | 17.64±1.03 ns | 4683±410 ns              | 26020±1036 A             | 1695±110 ns               | 4875±442 ns               |
| Day 7                          | 16.50±1.40 ns | 4728±609 ns              | 24749±2345 A             | 1689±206 ns               | 5398±763 ns               |
| Day14                          | 16.51±1.41 ns | 4677±431 ns              | 23868±1275 AB            | 1699±162 ns               | 5340±522 ns               |
| Day 21                         | 16.31±1.78 ns | 4611±340 ns              | 23029±1334 B             | 1651±144 ns               | 5273±601 ns               |
| Treatment (T)                  |               |                          |                          |                           |                           |
| Before storage                 | 17.64±1.07 A  | 4683±241 ABC             | 26020±1012 A             | 1695±106 ABC              | 4875±203 DE               |
| Control                        | 15.40±1.59 B  | 4190±263 C               | 23470±2187 AB            | 1622±104 BC               | 4969±246 CDE              |
| 0.5 mM PUT                     | 15.89±0.75 AB | 4181±330 C               | 22309±1295 B             | 1482±159 C                | 4622±309 E                |
| 1.0 mM PUT                     | 17.63±1.08 A  | 5093±443 A               | 24813±655 A              | 1749±149 AB               | 6019±379 AB               |
| 0.5 mM CA                      | 16.61±1.06 AB | 4939±279 AB              | 24092±1202 AB            | 1616±167 BC               | 5220±209 CD               |
| 1.0 mM CA                      | 15.54±1.35 B  | 4761±234 AB              | 24667±1535 AB            | 1722±116 AB               | 5506±237 BC               |
| 0.5 mM SA                      | 16.84±0.69 AB | 5035±316 A               | 22747±1056 AB            | 1728±121 AB               | 4939±201 DE               |
| 1.0 mM SA                      | 17.18±2.28 AB | 4505±304 BC              | 25075±2570 A             | 1839±145 A                | 6085±716 A                |
| SD × T                         |               |                          |                          |                           |                           |
| Before storage                 | 17.64±1.22 ab | 4683±110 b-e             | 26020±1012 ab            | 1695±98 abc               | 4875±217 e-i              |
| Day 7×Control                  | 15.31±1.21 bc | 4215±190 cde             | 25810±1986 abc           | 1612±19 abc               | 4812±190 f-i              |
| Day 14×Control                 | 16.07±2.25 b  | 3989±185 e               | 22820±978 bc             | 1731±31 abc               | 4971±297 d-i              |
| Day 21×Control                 | 14.81±2.18 c  | 4365±286 b-e             | 21780±995 c              | 1524±102 abc              | 5124±208 d-i              |
| Day 7×0.5 mM PUT               | 15.31±0.32 bc | 4000±470 de              | 21920±1055 bc            | 1419±210 c                | 4763±195 ghi              |
| Day 14×0.5 mM PUT              | 15.94±1.08 bc | 4215±106 cde             | 22856±1995 bc            | 1480±202 bc               | 4678±305 hi               |
| Day 21×0.5 mM PUT              | 16.44±0.44 b  | 4329±205 b-e             | 22150±1024 bc            | 1546±96 abc               | 4425±382 i                |
| Day 7×1.0 mM PUT               | 17.96±2.00 a  | 5616±224 a               | 24950±950 abc            | 1661±103 abc              | 5706±303 b-e              |
| Day 14×1.0 mM PUT              | 17.50±0.52 ab | 4826±232 a-e             | 24840±842 abc            | 1729±179 abc              | 6105±320 bc               |
| Day 21×1.0 mM PUT              | 17.44±0.44 ab | 4838±307 a-e             | 24650±205 abc            | 1856±101 ab               | 6245±375 ab               |
| Day 7×0.5 mM CA                | 17.64±1.00 ab | 5005±395 abc             | 24420±2160 abc           | 1642±202 abc              | 5212±202 d-i              |
| Day 14×0.5 mM CA               | 16.25±0.25 b  | 4975±306 abc             | 24315±353 abc            | 1685±198 abc              | 5269±210 d-h              |
| Day 21×0.5 mM CA               | 15.94±1.03 bc | 4836±212 a-e             | 23541±1096 bc            | 1520±105 bc               | 5178±296 d-i              |
| Day 7×1.0 mM CA                | 16.50±0.50 b  | 4867±214 a-d             | 25820±1998 abc           | 1750±187 abc              | 5356±287 c-h              |
| Day 14×1.0 mM CA               | 15.12±1.02 bc | 4796±208 a-e             | 24730±1100 abc           | 1730±32 abc               | 5615±206 b-f              |
| Day 21×1.0 mM CA               | 15.00±2.04 bc | 4619±306 b-e             | 23450±455 bc             | 1685±120 abc              | 5547±182 b-g              |
| Day 7×0.5 mM SA                | 17.33±0.33 ab | 5002±463 abc             | 22580±1036 bc            | 1787±186 abc              | 4959±123 d-i              |
| Day 14×0.5 mM SA               | 16.75±1.12 b  | 5136±216 ab              | 23514±1020 bc            | 1712±20 abc               | 5012±304 d-i              |
| Day 21×0.5 mM SA               | 16.44±0.44 b  | 4968±322 abc             | 22147±1021 bc            | 1684±108 abc              | 4845±222 f-i              |
| Day 7×1.0 mM SA                | 15.44±1.08 bc | 4390±298 b-e             | 27740±2080 a             | 1949±98 a                 | 6977±389 a                |
| Day 14×1.01 mM SA              | 17.96±2.06 a  | 4800±196 a-e             | 24000±1503 abc           | 1824±202 abc              | 5729±209 bcd              |
| Day 21×1.0 mM SA               | 18.13±3.12 a  | 4325±205 b-e             | 23485±2042 bc            | 1745±45 abc               | 5548±206 b-g              |
| Significant effects (P values) |               |                          |                          |                           |                           |
| SD                             | 0.5769        | 0.8822                   | 0.0034                   | 0.8216                    | 0.5821                    |
| T                              | 0.0042        | 0.0001                   | 0.0009                   | 0.0001                    | 0.0001                    |
| SD × T                         | 0.0294        | 0.0001                   | 0.0001                   | 0.0044                    | 0.0001                    |

PUT: Putrescine; CA: Citric acid; SA: Salicylic acid; P: Phosphorus, K: Potassium, Mg: Magnesium; Ca: Calcium; ±: Standard deviation of mean; ns: non-significant.

Table 3. Continue.

Çizelge 3. Devamı.

| Storage duration (SD)          | Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Before storage                 | 105.50±35.06 ns           | 22.02±3.01 ns             | 64.07±13.11 C             | 4.02±1.61 A               |
| Day 7                          | 166.19±79.87 ns           | 23.93±2.74 ns             | 107.3±29.64 A             | 2.40±1.08 AB              |
| Day 14                         | 193.81±72.24 ns           | 23.01±2.15 ns             | 90.08±32.15 B             | 2.54±1.41 AB              |
| Day 21                         | 147.34±42.33 ns           | 22.91±2.14 ns             | 87.08±25.65 B             | 1.94±0.73 B               |
| Treatment (T)                  |                           |                           |                           |                           |
| Before storage                 | 105.50±15.20 CD           | 22.00±3.10 ABC            | 64.00±6.03 D              | 4.00±0.21 A               |
| Control                        | 175.70±44.31 BC           | 21.47±1.61 BC             | 76.43±19.87 D             | 3.37±0.79 A               |
| 0.5 mM PUT                     | 91.87±10.58 D             | 20.63±0.57 C              | 103.63±10.62 BC           | 2.97±0.20 AB              |
| 1.0 mM PUT                     | 202.09±15.97 B            | 24.60±1.89 A              | 112.14±16.17 B            | 3.40±0.21 A               |
| 0.5 mM CA                      | 280.07±44.18 A            | 24.27±1.98 AB             | 145.77±15.59 A            | 1.10±0.26 C               |
| 1.0 mM CA                      | 164.60±12.47 BC           | 23.67±1.83 AB             | 77.07±7.72 D              | 1.70±0.10 C               |
| 0.5 mM SA                      | 140.43±16.38 CD           | 23.50±0.62 ABC            | 64.40±4.81 D              | 1.50±0.15 C               |
| 1.0 mM SA                      | 129.03±37.06 CD           | 24.87±3.42 A              | 84.30±18.01 CD            | 2.03±0.59 BC              |
| SD × T                         |                           |                           |                           |                           |
| Before storage                 | 105.50±5.57 ghi           | 22.00±3.16 b              | 64.00±6.47 gh             | 4.00±0.27 b               |
| Day 7×Control                  | 150.30±10.47 efg          | 21.80±1.12 b              | 103.70±10.74 cde          | 3.60±0.16 bc              |
| Day 14×Control                 | 254.00±35.10 b            | 21.90±2.03 b              | 65.00±10.24 gh            | 5.30±0.14 a               |
| Day 21×Control                 | 122.80±22.58 f-i          | 20.70±2.14 b              | 60.60±5.56 h              | 1.20±0.04 hi              |
| Day 7×0.5 mM PUT               | 87.90±10.08 i             | 20.60±0.40 b              | 111.90±11.24 bcd          | 3.00±0.25 de              |
| Day 14×0.5 mM PUT              | 95.20±5.41 i              | 20.40±0.41 b              | 104.00±10.47 cde          | 3.10±0.26 de              |
| Day 21×0.5 mM PUT              | 92.50±8.78 i              | 20.90±0.91 b              | 95.00±4.08 c-g            | 2.80±0.13 e               |
| Day 7×1.0 mM PUT               | 190.53±10.10 cde          | 24.80±2.08 ab             | 115.60±15.12 bcd          | 3.60±0.27 bc              |
| Day 14×1.0 mM PUT              | 200.33±14.91 cd           | 24.80±3.04 ab             | 120.38±19.83 bc           | 3.40±0.18 cd              |
| Day 21×1.0 mM PUT              | 215.40±15.35 bc           | 24.20±1.24 ab             | 100.43±10.10 c-f          | 3.20±0.05 cde             |
| Day 7×0.5 mM CA                | 334.70±30.20 a            | 24.80±3.10 ab             | 158.30±10.20 a            | 0.80±0.21 i               |
| Day 14×0.5 mM CA               | 320.50±20.10 a            | 24.60±1.22 ab             | 142.00±16.23 ab           | 1.20±0.12 hi              |
| Day 21×0.5 mM CA               | 185.00±15.02 cde          | 23.40±2.02 ab             | 137.00±10.05 ab           | 1.30±0.05 gh              |
| Day 7×1.0 mM CA                | 175.30±10.31 cde          | 23.90±2.25 ab             | 85.00±5.47 d-h            | 1.60±0.05 fgh             |
| Day 14×1.0 mM CA               | 163.90±10.21 def          | 23.60±3.14 ab             | 71.20±5.12 fgh            | 1.70±0.14 fg              |
| Day 21×1.0 mM CA               | 154.60±10.05 d-g          | 23.50±0.52 ab             | 75.00±6.24 e-h            | 1.80±0.03 f               |
| Day 7×0.5 mM SA                | 125.10±5.68 f-i           | 23.50±1.04 ab             | 61.80±5.06 h              | 1.40±0.15 fgh             |
| Day 14×0.5 mM SA               | 145.60±20.12 e-h          | 23.40±0.40 ab             | 65.40±4.36 gh             | 1.50±0.15 fgh             |
| Day 21×0.5 mM SA               | 150.60±10.70 efg          | 23.60±0.62 ab             | 66.00±6.45 gh             | 1.60±0.15 fgh             |
| Day 7×1.0 mM SA                | 99.50±9.24 hi             | 28.10±2.56 a              | 114.80±14.21 bcd          | 2.80±0.21 e               |
| Day 14×1.0 mM SA               | 177.10±5.42 cde           | 22.40±1.74 ab             | 62.60±8.08 h              | 1.60±0.10 fgh             |
| Day 21×1.0 mM SA               | 110.50±10.68 ghi          | 24.10±3.45 ab             | 75.50±5.09 e-h            | 1.70±0.15 fg              |
| Significant effects (P values) |                           |                           |                           |                           |
| SD                             | 0.0556                    | 0.3790                    | 0.0330                    | 0.0205                    |
| T                              | 0.0001                    | 0.0001                    | 0.0001                    | 0.0001                    |
| SD × T                         | 0.0001                    | 0.0039                    | 0.0001                    | 0.0001                    |

PUT: Putrescine; CA: Citric acid; SA: Salicylic acid; Fe: Iron, Mn: Manganese, Zn: Zinc; Cu: Copper; ±: Standard deviation of mean; ns: non-significant.

Among the treatments, 0.5 mM CA treatment had the highest Fe content, while the lowest Fe content was recorded in 0.5 mM PUT. Regarding storage duration × treatment interaction, it was found that the highest Fe content (334.70 mg kg<sup>-1</sup>) was detected in Day 7×0.5 mM CA treatment. However, the lowest Fe content (87.90 mg kg<sup>-1</sup>) was observed in Day 7×0.5 mM PUT treatment. When the effect of treatments on Mn content was examined, the highest values were detected in 1.0 mM PUT and 1.0 mM SA, though the lowest value was recorded in 0.5 mM PUT treatment. The higher values in terms of Mn content were obtained from all treatments except 0.5 mM PUT compared to the control. Depending on different storage durations and treatments discussed in the study, Mn content varied from 20.40 (Day 14×0.5 mM PUT) to 28.10 mg kg<sup>-1</sup> (Day 7×1.0 mM SA). The Zn content of cauliflower increased after storage compared with before storage.

As the storage duration increased, Zn content decreased. The zinc content on the 7th day was found to be the highest. Among the treatments, maximum Zn content was detected in 0.5 mM CA, whereas minimum Zn contents were observed in control, 1.0 mM CA and 0.5 mM SA. It was found that the higher values in terms of Zn content were obtained from all treatments except 0.5 mM SA compared to the control. It was determined that 0.5 mM CA treatment increased Zn content by 90.72% compared with the control. In the present study, Zn content differed significantly according to different storage durations and treatments. Zn content varied between 60.60 and 158.30 mg kg<sup>-1</sup>. Compared with before storage, Cu content decreased significantly after storage. The Cu content on the 21st day was found to be the lowest. When the effect of treatments on Cu content was examined, the highest values were found in control and 1.0 mM PUT, though the lowest values were recorded in 0.5 mM CA, 1.0 mM CA and 0.5 mM SA treatments. Cu content ranged from 0.80 to 5.30 mg kg<sup>-1</sup> depending on storage duration × treatment interaction.

One of the most important features that increase the nutritional value of vegetables is their high protein content. Kibar et al. (2023) reported that the effect of storage durations (7, 14 and 21 days) on protein content of broccoli stored at 4 °C for 21 days was found to be insignificant, and SA, CA and PUT applications increased protein content compared to the control. In terms of protein content in *Pleurotus ostreatus* mushroom stored at 4 °C for 14 days, generally higher values were obtained from PUT, SA and CA applications compared to the control. It was also reported that the effect of storage time on protein content was insignificant (Şahin, 2022). Our findings are similar to the results of Şahin (2022). In the study conducted on *Agaricus bisporus* mushroom by Motamedi et al. (2020), it was determined that PUT and CA applications increased protein content compared to the control. Therefore, the results obtained in this study are compatible with the findings of Motamedi et al. (2020). Contrary to our results, it was stated that postharvest CA application generally caused a decrease in protein content of *Cantharellus cibarius* mushroom stored at 0 °C for 12 days compared to the control (Ozturk et al., 2021).

Mineral element contents of vegetables may vary depending on post-harvest preservation methods. Little literature is available on changes in the mineral composition of cauliflower during postharvest storage. Cebula et al. (2006) reported that P, K, Ca, Mg and Fe contents of cauliflower stored at 2 °C for 5 weeks increased after storage compared to before storage. Kibar et al. (2023) found that SA, CA and PUT treatments increased P, Mg and Ca contents of broccoli stored at 4 °C for 21 days, and decreased K content compared to the control. Researchers also reported that the effect of storage durations (7, 14 and 21 days) on K, Mg and Ca contents was insignificant. In the study conducted on *Agaricus bisporus* mushroom by Motamedi et al. (2020), it was determined that PUT and CA applications significantly affected the macro and micro element contents of the mushroom. Researchers reported that polyamine treatments cause an increase in nutritional value. It was also stated that the increased uptake of nitrogen, phosphorus and potassium minerals with polyamine application may be because polyamines play a role in many biochemical and physiological processes. In another study, it was reported that postharvest PUT treatment in cucumber caused a delay in ageing and was a promising method for preserving postharvest quality (Jia et al., 2018). Ünner (2021) stated that postharvest SA application in parsley helped maintain quality. The results obtained in this study are generally compatible with the findings reported in previous studies. The effectiveness of postharvest chemical applications may vary depending on species, variety, application dose, storage conditions and laboratory conditions (Horvath et al., 2007; Assar et al., 2012).

### **Changes in Color Properties**

According to statistical analysis results, significant differences were observed among storage durations with regards to all color values examined. There were statistically significant differences among treatments for a\* and Hue angle values, while no statistically significant difference was found among treatments in terms of L\*, b\* and Chroma values. When the interaction between storage durations and treatments was examined, it was found to be significant for L\*, a\* and Hue angle values. On the other hand, storage duration × treatment interaction in terms of b\* and Chroma values were found to be statistically insignificant (Table 4).



**Table 4.** Effect of putrescine, citric acid and salicylic acid on color properties of fresh-cut cauliflower during storage at 4 °C.

Çizelge 4. 4 °C'de muhafaza süresince taze kesilmiş karnabaharın renk özellikleri üzerine putresin, sitrik asit ve salisilik asidin etkisi.

| Storage duration (SD)          | L*             | a*           | b*            | Chroma        | Hue angle      |
|--------------------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Before storage                 | 81.30±1.41 A   | 3.61±0.59 B  | 20.46±2.28 A  | 20.77±2.34 A  | 79.93±1.06 A   |
| Day 7                          | 78.65±8.03 AB  | 3.93±1.13 B  | 19.29±2.41 AB | 19.82±2.38 AB | 78.54±2.88 A   |
| Day14                          | 76.49±8.54 B   | 5.01±1.64 A  | 19.31±2.75AB  | 19.99±2.94A   | 75.59±3.51 B   |
| Day 21                         | 80.99±1.93 A   | 3.57±0.54 B  | 17.98±1.44 C  | 18.50±1.51 B  | 78.88±0.99 A   |
| Treatment (T)                  |                |              |               |               |                |
| Before storage                 | 81.30±1.41 ns  | 3.61±0.59 B  | 20.46±2.28 ns | 20.77±2.34 ns | 79.93±1.06 A   |
| Control                        | 79.46±2.72 ns  | 3.78±0.79 B  | 18.68±2.06 ns | 19.27±2.08 ns | 78.63±1.45 AB  |
| 0.5 mM PUT                     | 77.09±6.06 ns  | 5.00±1.28 A  | 19.83±2.57 ns | 20.52±2.96 ns | 76.23±4.57 C   |
| 1.0 mM PUT                     | 75.68±11.79 ns | 4.49±1.25 AB | 19.02±2.87 ns | 19.58±2.87 ns | 76.63±3.90 C   |
| 0.5 mM CA                      | 81.23±2.29 ns  | 3.70±0.95 B  | 18.20±1.77 ns | 18.58±1.91 ns | 78.58±1.86 AB  |
| 1.0 mM CA                      | 79.43±2.30 ns  | 4.24±0.92 AB | 19.43±1.81 ns | 20.09±1.78 ns | 77.90±1.69 B   |
| 0.5 mM SA                      | 77.22±11.69 ns | 4.37±1.22 AB | 18.91±3.11 ns | 19.70±2.96 ns | 76.94±3.33 C   |
| 1.0 mM SA                      | 80.88±3.12 ns  | 3.61±0.96 B  | 17.97±1.56 ns | 18.34±1.68 ns | 78.79±2.42 AB  |
| SD × T                         |                |              |               |               |                |
| Before storage                 | 81.30±1.41 a   | 3.61±0.59 b  | 20.46±2.28 ns | 20.77±2.34 ns | 79.93±1.06 a   |
| Day 7×Control                  | 79.23±3.10 ab  | 3.73±0.54 b  | 19.53±1.89 ns | 19.88±1.95 ns | 79.23±0.54 a   |
| Day 14×Control                 | 78.66±3.01 ab  | 4.42±0.90 ab | 18.89±2.90 ns | 19.40±3.02 ns | 76.92±0.96 abc |
| Day 21×Control                 | 80.48±2.25 a   | 3.19±0.35 b  | 17.63±0.77 ns | 18.52±1.02 ns | 79.75±0.69 a   |
| Day 7×0.5 mM PUT               | 78.17±4.29 ab  | 4.58±1.85 ab | 20.11±2.62 ns | 20.65±2.98 ns | 77.49±3.17 abc |
| Day 14×0.5 mM PUT              | 72.30±7.65 ab  | 6.54±1.91 a  | 20.60±3.54 ns | 21.73±4.00 ns | 72.80±6.31 bc  |
| Day 21×0.5 mM PUT              | 80.79±2.08 a   | 3.87±0.53 b  | 18.77±1.19 ns | 19.17±1.27 ns | 78.38±0.93 ab  |
| Day 7×1.0 mM PUT               | 79.91±0.60 ab  | 4.54±0.42 ab | 21.62±1.45 ns | 22.09±1.50 ns | 78.15±0.43 ab  |
| Day 14×1.0 mM PUT              | 65.42±6.63 b   | 5.71±0.97 ab | 17.99±3.20 ns | 18.90±3.15 ns | 72.10±3.42 c   |
| Day 21×1.0 mM PUT              | 81.72±3.15 a   | 3.21±0.67 b  | 17.45±1.92 ns | 17.75±1.99 ns | 79.64±1.25 a   |
| Day 7×0.5 mM CA                | 81.70±2.92 a   | 3.20±0.44 b  | 18.17±1.09 ns | 18.45±1.15 ns | 79.93±0.92 a   |
| Day 14×0.5 mM CA               | 80.22±2.72 a   | 4.28±1.38 ab | 19.01±2.55 ns | 19.50±2.76 ns | 77.53±2.57 abc |
| Day 21×0.5 mM CA               | 81.77±0.68 a   | 3.63±0.55 b  | 17.41±1.30 ns | 17.79±1.38 ns | 78.26±0.95 ab  |
| Day 7×1.0 mM CA                | 79.82±1.51 ab  | 3.59±0.15 b  | 18.74±0.66 ns | 19.08±0.65 ns | 79.16±0.59 a   |
| Day 14×1.0 mM CA               | 77.54±2.54 ab  | 5.11±1.14 ab | 20.36±2.37 ns | 20.99±2.56 ns | 76.05±1.67 abc |
| Day 21×1.0 mM CA               | 80.92±1.54 a   | 4.02±0.31 ab | 19.18±1.92 ns | 20.18±1.34 ns | 78.51±0.44 a   |
| Day 7×0.5 mM SA                | 71.57±7.14 ab  | 4.64±1.34 ab | 19.07±4.34 ns | 20.48±3.48 ns | 75.90±5.42 abc |
| Day 14×0.5 mM SA               | 79.15±2.20 ab  | 4.97±1.33 ab | 19.97±3.28 ns | 20.59±3.49 ns | 76.06±1.49 abc |
| Day 21×0.5 mM SA               | 80.94±2.39 a   | 3.49±0.37 b  | 17.69±1.02 ns | 18.04±1.06 ns | 78.84±0.65 a   |
| Day 7×1.0 mM SA                | 80.13±4.61 ab  | 3.25±1.35 b  | 17.80±2.01 ns | 18.12±2.17 ns | 79.94±3.60 a   |
| Day 14×1.0 mM SA               | 82.15±2.90 a   | 4.04±0.82 ab | 18.38±1.55 ns | 18.82±1.66 ns | 77.68±1.72 abc |
| Day 21×1.0 mM SA               | 80.35±1.17 a   | 3.54±0.58 b  | 17.73±1.31 ns | 18.08±1.39 ns | 78.75±1.15 a   |
| Significant effects (P values) |                |              |               |               |                |
| SD                             | 0.0410         | 0.0001       | 0.0199        | 0.0227        | 0.0001         |
| T                              | 0.2599         | 0.0426       | 0.2403        | 0.1464        | 0.0482         |
| SD × T                         | 0.0100         | 0.0001       | 0.1540        | 0.0762        | 0.0001         |

PUT: Putrescine; CA: Citric acid; SA: Salicylic acid; ± Standard deviation of mean; ns: non-significant.

When the color properties of cauliflower was examined, L\*, b\*, Chroma and Hue angle values decreased significantly after storage compared to before storage. The highest L\* value was determined on the 21st day, while the lowest L\* value was observed on the 14th day. The highest a\* and Chroma values were detected on the 14th day. On the other hand, the lowest b\* and Chroma values were found on the 21st day. The highest Hue angle value was detected on the 7th and 21st days, whereas the lowest Hue angle value was recorded on the 14th day. Among the treatments, the highest a\* value was detected in 0.5 mM PUT. However, the lowest a\* values were observed in control, 0.5 mM CA and 1.0 mM SA treatments. The

highest values with regard to Hue angle were found in control, 0.5 mM CA and 1.0 mM SA treatments, though the lowest values were observed in 0.5 mM PUT, 1.0 mM PUT and 0.5 mM SA treatments. The color properties of cauliflower (except for  $b^*$  and Chroma values) considerably changed depending on storage duration  $\times$  treatment interaction. The  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma and Hue angle values ranged from 65.42 to 82.15, 3.19 to 6.54, 17.41 to 21.62, 17.75 to 22.09 and 72.10 to 79.94, respectively.

Color is one of the most important sensory properties affecting the quality of cauliflower. Accordingly, the color of cauliflower is an important criterion in consumer preference. However, fresh-cut cauliflower will brown and rot during postharvest storage, which visually manifests as a color change (Liu et al., 2020). Changes in color during the processing and storage of cauliflower need to be measured and controlled. Browning of curd is a result of enzymatic browning due to polyphenol oxidase enzyme activity (PPO) (Brown, 2003). The change in color of cauliflower can be explained by ethylene production (Simon et al., 2008). Because, this vegetable is extremely sensitive to ethylene (Suslow and Cantwell, 1999). Kasim and Kasim (2017) reported that the  $L^*$  value of fresh-cut cauliflower stored for 28 days at 4 °C decreased at the end of the storage period compared to before storage. Additionally, it was stated that  $L^*$  and Hue angle values fluctuated during storage. Nasrin et al. (2022) found that  $L^*$ , Chroma and Hue angle values of fresh-cut cauliflower decreased during storage (20 days at 4 °C) and also compared to before storage. In another study, the  $L^*$  value of cauliflower decreased during 28 days of storage at  $0\pm 1^\circ\text{C}$ , while the  $b^*$  value increased (Dhall et al., 2010). Mu et al. (2022) reported that the  $L^*$  value of fresh-cut cauliflower decreased during storage (15 days at 4 °C), while  $a^*$  and  $b^*$  values increased. Researchers also found that the  $L^*$  value decreased compared to before storage, while the  $a^*$  and  $b^*$  values increased. In minimally processed cauliflower stored at 4 °C for 21 days,  $L^*$  and  $a^*$  values decreased compared to before storage, and  $b^*$  and Chroma values increased (Miceli et al., 2015). Raseetha and Nadirah (2018) reported that the  $L^*$  and  $b^*$  values of fresh-cut cauliflower increased during storage (21 days at 8-10 °C) and also compared to before storage, while  $a^*$  value decreased.

Kibar et al. (2023) reported that the effect of SA, CA and PUT treatments on color values ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma and Hue angle) of broccoli was found to be insignificant. Researchers also stated that as storage time increased,  $L^*$ ,  $b^*$  and Chroma values increased, while  $a^*$  value decreased. In the study conducted on cucumber by Jia et al. (2018), no significant difference was found between the control and PUT application in terms of  $L^*$  and Hue angle color values at the end of the storage period. It was also detected that color was positively affected by the PUT application. The  $L^*$  value of *Agaricus bisporus* mushroom in CA application at the end of the storage period was found to be higher than the control (Brennan et al., 2000). In the study conducted by Gupta and Bhat (2016) on *Agaricus bisporus* mushroom, it was found that the darkening of the mushrooms was significantly reduced with CA. It has been reported that CA has inhibitory activity on polyphenol oxidase (PPO) and anti-browning activity in processed fruits and vegetables (Ahvenainen, 1996). Dokhanieh and Aghdam (2016) determined that postharvest SA application in *Agaricus bisporus* mushroom delayed the darkening of the mushroom. It was stated that SA increased the antioxidant activity and accumulation of phenols and was beneficial in reducing post-harvest browning by preserving cell membrane integrity.

## CONCLUSION

This study revealed the effect of exogenous PUT, CA and SA treatments on the postharvest quality of fresh-cut cauliflower during cold storage. The results of the study indicated that WL and ash content significantly increased with the increase of storage duration, while K, Zn and Cu contents decreased. Compared to the control, all treatments in the study except for 0.5 mM SA significantly reduced WL. The lowest WL was observed in 1.0 mM PUT treatment with 1.06% and it reduced WL by 61.32% compared with the control. Moreover, the highest values in terms of protein, ash, P, K and Mn contents were detected in 1.0 mM PUT treatment. Compared with the control, 0.5 mM CA treatment increased Zn content by 90.72%, and 1.0 mM SA treatment increased Mg and Ca contents by 13.38% and 22.46%, respectively. It was determined that the treatments investigated in the study had the potential to be used in extending the storage period and reducing quality losses of fresh-cut cauliflower. Additionally, 1.0 mM PUT was the most effective treatment. As a result, especially 1.0 mM PUT can be recommended as a promising application to maintain

the nutritional content of fresh-cut cauliflower, extend its storage life and reduce postharvest quality losses. The findings obtained in this study will contribute to the food industry by minimizing postharvest losses of fresh-cut cauliflower and provide potential information for future studies.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

#### DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

BK: Design of the study, writing of the manuscript. HK: Design of the study, statistical analysis, writing of the manuscript. EG: Carrying out of the experiment, performing of laboratory studies.

#### REFERENCES

- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology Journal*, 7, 179-187. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10022-4](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10022-4)
- Akbulut, A. (2015). *Farklı salisilik asit dozlarının hasat sonrası domates meyvelerinde penicillium expansum'un gelişimi üzerine etkisi* [Yüksek Lisans tezi, Harran Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Alali, F. A., Sarcheshmeh, M. A. A., & Babalar, M. (2023). Evaluating the effects of citric acid application on reducing decay, maintaining edibility and shelf life of peach fruits in cold storage. *International Journal of Horticultural Science*, 10(3), 149-160.
- Altıkardaş, E., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2018). Hıyarlarda salisilik asit uygulaması ile depolama süresinin uzatılması ve kalite kayıplarının azaltılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(2), 143-150.
- AOAC (1990). Official methods of analysis. In: Association of Official Analytical Chemists (15th ed.), Washington, DC, USA.
- Asghari, M., & Aghdam, M. S. (2010). Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science & Technology Journal*, 21, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.07.009>
- Assar, P., Rahemi, M., & Taghipour, L. (2012). Effect of postharvest treatments of spermidine and putrescine on postharvest quality of Hayward kiwifruit. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 43(3), 331-336.
- Avato, P., & Argentieri, M. P. (2015). Brassicaceae: A rich source of health improving phytochemicals. *Phytochemistry Reviews*, 14, 1019-1033. <https://doi.org/10.1007/S11101-015-9414-4>
- Brennan, M., Le Port, G., & Gormley, R. (2000). Post harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms. *LWT-Food Science and Technology*, 33, 285-289.
- Brown, J. W. (2003). California vegetable production lab supplement. San Luis Obispo, CA: El Corral Publications.
- Cebula, S., Kunicki, E., & Kalisz, A. (2006). Quality changes in curds of white, green and romanesco cauliflower during storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 15(2), 155-160.
- Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M.E., & Ardakani, E. (2015). Effects of salicylic acid and putrescine on storability quality attributes and antioxidant activity of plum cv 'Santa Rosa'. *J. Food Sci. Technol.* 52, 2053-2062. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1232-3>
- Davras, İ., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2019). Domateste salisilik asit uygulamasıyla soğukta depolama süresince kalite kayıplarının azaltılması. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 176-186.
- Dhall, R. K., Sharma, S. R., & Mahajan, B. V. C. (2010). Effect of packaging on storage life and quality of cauliflower stored at low temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 132-135.
- Dokhanieh, A. Y., & Aghdam, M. S. (2016). Postharvest browning alleviation of *Agaricus bisporus* using salicylic acid treatment. *Scientia Horticulturae*, 207, 146-151. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.025>
- Ergun, M., & Kösetürkmen, N. (2008). Jasmonik ve salisilik asit uygulamalarının rendelenmiş taze havuç kalitesi üzerine etkileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 49-55.
- Escalona, V. H., Aguayo, E., & Artes, F. (2007). Improving quality and extending shelf life of intact and minimally fresh processed Kohlrabi. *Fresh Produce*, 1(1), 54-58.
- Florkiewicz, A., Filipiak-Florkiewicz, A., Topolska, K., Cieślak, E., & Kostogrys, R. B. (2014). The effect of technological processing on the chemical composition of cauliflower. *Italian Journal of Food Science*, 26, 275-281.

- Garcia, E., & Barrett, D. M. (2002). *Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables*. CRC Press.
- Giuffrida, F., Agnello, M., Mauro, R. P., Ferrante, A., & Leonardi, C. (2018). Cultivation under salt stress conditions influences postharvest quality and glucosinolates content of fresh-cut cauliflower. *Scientia Horticulturae*, 236, 166-174. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.049>
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Baez, R., & Wang, C. Y. (2000). Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 18(1), 19-26.
- Gupta, P., & Bhat, A. (2016). Efficacy of different washing treatments on quality of button mushrooms (*A. bisporus*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 7(6), 590-595. <http://doi.org/10.4172/2157-7110.1000590>
- Gülsoylu, N. E. (2015). *Sivri biberin (Capsicum annum L.) modifiye atmosferde muhafazasında 1-methylcyclopropene salisilik asit ve kalsiyum uygulamalarının kalite üzerine etkisi* [Yüksek Lisans tezi, Uludağ Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment a review. *Environmental and Experimental Botany*, 68, 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005>
- Heard, G. M. (2002). *Microbiology of fresh-cut produce*. CRC Press.
- Hodges, D. M., Munro, K. D., Forney, C. F., & McRae, K. B. (2006). Glucosinolate and free sugar content in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* cv. *Freemont*) during controlled-atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, 40(2), 123-132.
- Holst, B., & Williamson, G. (2004). A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. *Natural Product Reports*, 21, 425-447.
- Horvath, E., Szalai, G., & Janda T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signalling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26, 290-300.
- Jia, B., Zheng, Q., Zuo, J., Gao, L., Wang, Q., Wang, Q., & Shi, J. (2018). Application of postharvest putrescine treatment to maintain the quality and increase the activity of antioxidative enzyme of cucumber. *Scientia Horticulturae*, 239, 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.043>.
- Kader, A. A. (2002). Postharvest biology and technology: An overview. In A. A. Kader (Ed.), *Postharvest technology of horticultural crops* (pp. 39-48). University of California, Agriculture and Natural Resources.
- Kalac, P., & Krausova, P. (2005). A review of dietary polyamines. Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry*, 90(1-2), 219-230.
- Kasım, M. U., & Kasım, R. (2016). Taze kesilmiş baklada yüksek dozda sitrik asit uygulamalarının polifenol enzim aktivitesi ve kalite üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 339-347.
- Kasim, R., & Kasim, M. U. (2018). The effect of tapioca-starch edible coating on quality of fresh-cut cauliflower during storage. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 72(1), 21-28.
- Kays, S. J. (1991). *Postharvest physiology of perishable plant products*. Van Nostrand Reinhold.
- Khan, Z. U., Bu, J., Khan, N. M., Khan, R. U., Jiang, Z., Mou, W., Luo, Z., Mao, L., & Ying, T. (2015). Integrated treatment of CaCl<sub>2</sub> citric acid and sorbitol reduces loss of quality of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2008-2016.
- Khosroshahi, M. R. Z., Esna-Ashari, M., & Ershadi, A. (2007). Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar selva. *Scientia Horticulturae*, 114(1), 27-32. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.05.006>
- Kibar, H., Kibar, B., & Turfan, N. (2023). Exogenous citric acid, salicylic acid, and putrescine treatments preserve the postharvest quality and physicochemical properties of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) during cold storage. *Food Science & Nutrition* (in press). <https://doi.org/10.1002/fsn3.3862>
- Lagnika, C., Zhang, M., Nsor-Atindana, J., & Bashari, M. (2014). Effects of ultrasound and chemical treatments on white mushroom (*Agaricus bisporus*) prior to modified atmosphere packaging in extending shelf-life. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3749-3757.
- Lampe, J. W., & Peterson, S. (2002). Brassica, biotransformation and cancer risk: genetic polymorphisms alter the preventive effects of cruciferous vegetables. *The Journal of Nutrition*, 132, 2291-2994.






- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
- Lemoine, M. L., Civello, P., Chaves, A., & Martínez, G. (2009). Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh-cut broccoli florets during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1076-1081.
- Licciardello, F., Muratore, G., Spagna, G., Branca, F., Ragusa, L., Caggia, C., Randozza, C., & Restuccia, C. (2013). Evaluation of some quality parameters of minimally processed white and violed-pigmented cauliflower curds. *Acta Horticulturae*, 1005, 301-308.
- Liu, Z. S., Shi, J. Y., Zuo, J. H., Gao, L. P., Wang, Q., & Meng, D. M. (2020). Effect of combined UV-C and red light emitting diode irradiation on storage quality of broccoli. *Food Science*, 41, 238-245. <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20190805-052>
- Madonna, M., Caleb, O. J., Sivakumar, D., & Mahajan, P. V. (2018). Understanding the physiological response of fresh-cut cauliflower for developing a suitable packaging system. *Food Packaging and Shelf Life*, 17, 179-186.
- Manolopoulou, E., & Varzakas, T. (2014). Application of antibrowning agents in minimally processed cabbage. *Journal of Food & Nutritional Disorders*, 3(1), 1-5.
- Miceli, A., Romano, C., Moncada, A., D'Anna, F., & Vetrano, F. (2015). Effect of cold storage on the quality of minimally processed cauliflower. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 7(2), 70-74.
- Motamedi, S., Mortazaeinejad, F., Abdossi, V., & Naderi, D. (2020). Evaluation of the effect of polyamines and organic acids treatment on the nutritional value of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Health*, 3(2), 1-8.
- Mu, B., Xue, J., Zhang, S., & Li, Z. (2022). Effects of the use of different temperature and calcium chloride treatments during storage on the quality of fresh-cut "Xuebai" cauliflowers. *Foods*, 11(3), 442-460.
- Nasrin, T. A. A., Yasmin, L., Arfin, M. S., Rahman, M. A., Molla, M. M., Sabuz, A. A., & Afroz, M. (2022). Preservation of postharvest quality of fresh cut cauliflower through simple and easy packaging techniques. *Applied Food Research*, 2(2), 100125. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100125>
- Neuhaus, M. L., Patterson, R. E., Thornquist, M. D., Omenn, G. S., King, I. B., & Goodman, G. E. (2003). Fruits and vegetables are associated with lower lung cancer risk only in the placebo arm of the beta-carotene and retinol efficacy trial (CARET). *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 12, 350-358.
- Ozturk, B., Havsut, E., & Yildiz, K. (2021). Delaying the postharvest quality modifications of *Cantharellus cibarius* mushroom by applying citric acid and modified atmosphere packaging. *LWT-Food Science and Technology*, 138, 110639. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110639>
- Özeker, E. (2005). Salisilik asit ve bitkiler üzerindeki etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1), 213-223.
- Palma, F., Carvajal, F., Jamilena, M., & Garrido, D. (2014). Contribution of polyamines and other related metabolites to the maintenance of zucchini fruit quality during cold storage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 82, 161-171.
- Pan, X., & Sasanatayart, R. (2016). Effect of plastic films with different oxygen transmission rate on shelf-life of fresh-cut bok choy (*Brassica rapa* var. *Chinensis*). *International Food Research Journal*, 23(5), 1865-1871.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D., & Gilardi G. (1993). Inhibition of apple polyphenoloxidase by ascorbic acid citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation* 17, 21-30.
- Raseetha, S., & Nadirah, S. (2018). Effect of different packaging materials on quality of fresh-cut broccoli and cauliflower at chilled temperature. *International Food Research Journal*, 25(4), 1559-1565.
- Rivas-San Vicente, M., & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3321-3338.
- Sanz Cervera, S., Olarte, C., Echávarri, J. F., & Ayala, F. (2007). Influence of exposure to light on the sensorial quality of minimally processed cauliflower. *Journal of Food Science*, 72(1), 12-18.
- Simón, A., González-Fandos, E., & Rodríguez, D. (2008). Effect of film and temperature on the sensory, microbiological and nutritional quality of minimally processed cauliflower. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(9), 1628-1636.
- Suslow, T., & Cantwell, M. (1999). Cauliflower: recommendations for maintaining postharvest quality. <http://posharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/veg/cauliflower>. [Access date: January 11, 2024].

- Şahin, B. (2022). *Hasat sonrası putresin, salisilik asit, sitrik asit ve metil jasmonat uygulamalarının Pleurotus ostreatus mantarında muhafaza süresi ve kalite üzerine etkileri* [Yüksek Lisans tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Takahashi, T., & Kakehi, J. (2010). Polyamines: Ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses. *Annals of Botany*, 105, 1-6.
- TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. [Erişim tarihi: 17 Ocak 2024].
- Üner, K. (2021). *Derim sonrası ozon ve salisilik asit uygulamalarının maydanozun depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkisi* [Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Zhan, L., Hu, J., Pang, L., Li, Y., & Shao, J. (2014). Light exposure reduced browning enzyme activity and accumulated total phenols in cauliflower heads during cool storage. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 17-20.



## Determination of Antagonistic Activities of Endophytic Bacteria Isolated from Different Wheat Genotypes Against *Fusarium culmorum*\*

Farklı Buğday Genotiplerinden İzole Edilen Endofitik Bakterilerin *Fusarium culmorum*'a Karşı Antagonistik Aktivitelerinin Belirlenmesi

İnci Güler Güney<sup>1,2</sup> , Sibel Derviş<sup>1,2</sup> , Göksele Özer<sup>3</sup> , Hüsnü Aktaş<sup>1,2</sup> , Mehmet Ata Keske<sup>4</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 06.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 08.01.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Abstract:** This study aimed to evaluate the physiological and biochemical properties and enzyme activities of endophytic bacteria obtained from different wheat genotypes, as well as their effectiveness against *Fusarium culmorum*, which causes root and crown rot in wheat. The results obtained from double culture tests of isolates against *F. culmorum* showed that the inhibition rate varied between 80.56% and 13.90%. The inhibition rate against *F. culmorum* was 80.59% for *Bacillus subtilis* (MM11), 69.41% for *Stenotrophomonas maltophilia* (EY5), and 61.10% for *Enterobacter* sp. (MY3) under *in vitro* conditions, the most effective isolates. *Pseudomonas putida* (EM9) and *Pseudomonas orientalis* (MM21) isolates gave positive results in all tests in the production of amylase, cellulase, phosphatase, ACC deaminase, and siderophore. To identify six promising isolates, 16S rRNA gene-based sequence analysis was utilized. The efficacy of bacterial strains against *F. culmorum*, pot experiments were conducted in a growth room (*in vivo*). The results demonstrated that the combination of *S. maltophilia*, *Enterobacter* sp., and *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11) yielded the most favorable outcomes in terms of disease severity, plant height, wet weight, dry weight, root wet weight, and root dry weight. The combination of *Stenotrophomonas rhizophila*, *P. putida*, and *P. orientalis* (EY1+EM9+MM21) exhibited promising results. Utilizing effective bacterial strains is anticipated to reduce the dependence on and costs associated with chemical fertilizers and pesticides while minimizing their environmental impact. Furthermore, these strains show potential for commercial applications pending further validation procedures. The findings from this study significantly contribute to the field of biological control strategies against *F. culmorum* by leveraging the diverse capabilities of endophytic bacteria.

**Keywords:** Endophyte, *Fusarium culmorum*, biological control, wheat

&

**Öz:** Bu çalışmada, farklı buğday genotiplerinden elde edilen endofitik bakterilerin, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin ile enzim aktivitelerinin yanısıra buğdayda kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan *Fusarium culmorum*'a karşı etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İzolatların *F. culmorum*'a karşı ikili kültür testlerinden elde edilen sonuçlara göre inhibisyon oranı %80.56- %13.90 arasında değişiklik göstermiştir. *In vitro* koşullarda *Fusarium culmorum*'a karşı inhibisyon oranı %80.59 oranıyla *Bacillus subtilis* (MM11), %69.41 oranıyla *Stenotrophomonas maltophilia* (EY5) ve %61.10 oranıyla *Enterobacter* sp. (MY3) etkili izolatlar olmuştur. Amilaz, selüloz, fosfataz, ACC deaminaz ve siderofor üretiminde *Pseudomonas putida* (EM9) ve *Pseudomonas orientalis* (MM21) izolatları tüm testte pozitif sonuç vermiştir. Umut vadeden altı izolat 16S rRNA geninin sekans analizi kullanılarak tanımlanmıştır. Bakteri suşlarının *F. culmorum*'a karşı etkinliğini değerlendirmek için iklim odası koşullarında (*in vivo*) saksı denemeleri kurulmuştur. Sonuçlar, *Enterobacter* sp., *S. maltophilia* ve *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11) kombinasyonunun hastalık şiddeti, bitki boyu, yaş ağırlık, kuru ağırlık, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı açısından en uygun sonuçları verdiğini göstermiştir. *Stenotrophomonas rhizophila*, *P. putida* ve *P. orientalis* (EY1+EM9+MM21) kombinasyonu da oldukça etkili olmuştur. Etkili bakteri suşlarının kullanılması, çevresel etkilerini en aza indirirken, kimyasal gübre ve pestisitlere olan bağımlılığı ve bunlarla ilişkili maliyetleri azaltması beklenmektedir. Ek doğrulama prosedürlerinin ardından bu suşların, ticari uygulamalar için potansiyelinin olduğu düşünülmektedir. Bulgular, *F. culmorum*'a karşı çeşitli endofitik bakterilerin kullanıldığı biyolojik kontrol çalışmalarına katkıda bulunacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Endofit, *Fusarium culmorum*, biyolojik mücadele, buğday

**Cite as:** Güler Güney, İ., Derviş, S., Özer, G., Aktaş, H. & Keske, M. A. (2024). Determination of antagonistic activities of endophytic bacteria isolated from different wheat genotypes Against *Fusarium culmorum*. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 10(1) 96-116 doi: 10.24180/ijaws.1386741

**Plagiarism/Ethic:** This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup>Assist. Prof. Dr. İnci Güler Güney, Mardin Artuklu University, Faculty of Kiziltepe Agricultural Sciences and Technologies, Department of Plant Protection, incigulgureney@artuklu.edu.tr (Corresponding author)

<sup>2</sup>Assist. Prof. Dr. İnci Güler Güney, Mardin Artuklu University, Vocational Higher School of Kiziltepe, Department of Plant and Animal Production, incigulgureney@artuklu.edu.tr (Corresponding author)

<sup>3</sup>Prof. Dr. Sibel Derviş, Mardin Artuklu University, Faculty of Kiziltepe Agricultural Sciences and Technologies, Department of Plant Protection, sibeldervis@gmail.com

<sup>4</sup>Prof. Dr. Hüsnü Aktaş, Mardin Artuklu University, Vocational Higher School of Kiziltepe, Department of Plant and Animal Production, husnuaktas@artuklu.edu.tr

<sup>5</sup>Assoc. Prof. Dr. Hüsnü Aktaş, Mardin Artuklu University, Vocational Higher School of Kiziltepe, Department of Plant and Animal Production, husnuaktas@artuklu.edu.tr

<sup>6</sup>Prof. Dr. Göksele Özer, Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, gokozer@gmail.com

<sup>7</sup>Mehmet Ata Keske, Mardin Artuklu University, Department of Biology, mehmetata\_104@hotmail.com

## INTRODUCTION

In Turkey, wheat cultivation occupies a preeminent position within the cereals sector, boasting an expansive span of 66.3 million hectares of cultivated land and a notable aggregate production volume of 19.8 million tons, as per the Turkish Statistical Institute (TURKSTAT, 2023) data. This production landscape is characterized by the allocation of 54.2 million hectares for the cultivation of bread wheat (*Triticum aestivum* L.), yielding 16 million tons, and 12.05 million hectares dedicated to durum wheat (*Triticum durum* Desf.), which yields 3.8 million tons. Remarkably, the province of Mardin accounts for 11.4% of the nation's total wheat production. However, the wheat cultivation sector faces considerable challenges, primarily stemming from the deleterious impact of pests and diseases on crop yields. These issues are particularly pervasive given the nationwide prevalence of soil-borne pathogens, which significantly contribute to disease incidence and yield losses throughout wheat-growing regions (Wildermuth and McNamara, 1994).

At the forefront of these soil-borne afflictions lies *Fusarium* root rot, a pathology recognized for its paramount importance in engendering substantial yield diminishment. This phenomenon is especially pronounced in arid regions, both within the global context and, more acutely, within Turkey (Akinsanmi et al., 2004; Cook, 2010; Shikur Gebremariam, et al., 2018; Özer et al., 2020, 2023; Bozoğlu et al., 2022).

Among the pantheon of pathogens inflicting root and root collar ailments in wheat, the *Fusarium* genus commands notable attention. Notable members include *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. nivale*, *F. poae*, *F. avenaceum*, in addition to *Bipolaris sorokiniana*, *Rhizoctonia* spp. (comprising *R. solani*, *R. oryzae*, and *R. cerealis*), *Pythium* spp., *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, and *Alternaria* spp. It is pertinent to underscore that *Fusarium* spp. stands out prominently as a pivotal contributor to root and root collar rot in Turkish wheat production, accentuating its significance (Tunalı et al., 2008; Shikur Gebremariam et al., 2018).

Of these pathogenic agents, *F. culmorum* takes precedence as the predominant and consequential *Fusarium* species, imposing its deleterious influence across a spectrum of cereals, with wheat and barley occupying a central role. This insidious pathogen has registered its adverse impact on global and Turkish agriculture, underscoring its prominence (Aktaş et al., 1997; Demirci, 2003; Arıcı et al., 2013; Kosiak et al., 2003; Goswami and Kistler, 2004; Wang et al., 2006; Wagacha and Muthomi, 2007; Özer et al., 2020, 2023; Alkan et al., 2021). Notably, *F. culmorum*'s presence in wheat-growing regions has been observed to engender severe reductions in both yield and quality, thus exacerbating the challenges faced by the wheat production sector (Cook, 2001; Gökçe and Kotan, 2016; Xu et al., 2018; Bozoğlu et al., 2022).

Endophytic bacteria are recognized for their effectiveness in mitigating the impact of plant pathogens, either by preventing their harmful effects or diminishing their severity (Berg and Hallman, 2006). These microorganisms also exhibit the ability to enhance a plant's resilience to biotic stressors and confer systemic resistance against pathogenic invaders. Within the realm of biological control, endophytes engage in competitive interactions with microbial pathogens and demonstrate antagonistic activities, thereby exerting a significant influence on disease reduction (Kloepper et al., 1992; Chen et al., 1995; Pleban et al., 1995; Soylu et al., 2016).

Endophytic microorganisms, virtually ubiquitous in nearly all plant species (Owen and Hundley, 2004; Ryan et al., 2008; Khan et al., 2015), establish residence within the living tissues of their host plants without causing any discernible harm (Reinhold-Hurek and Hurek, 2011; Brader et al., 2014; Türkölmez et al., 2023). These endophytic bacteria possess a diverse array of functional traits, encompassing the capacity for phosphate solubilization (Wakelin et al., 2004), phytohormone production (Shi et al., 2009), hydrolytic enzymatic activities, including lytic hydrolases (Chernin and Chet, 2002), glucanases (Singh et al., 1999), chitinases (Frankowski et al., 2001), antibiotic synthesis (Demain, 1981; Ezra et al., 2004), siderophore secretion (Lodewyckx et al., 2002), and nitrogen fixation (Watanabe et al., 1979). These multifaceted abilities contribute significantly to nutrient acquisition by the plant and serve to augment overall plant growth. Such endophytic bacteria, endowed with growth-promoting mechanisms, are favored choices in the context of eco-friendly plant production and the pursuit of sustainable agricultural practices. Endophytes' desirability extends beyond agriculture and finds application in diverse domains, ranging from medicine



to industry, thanks to their microbial biosynthetic capabilities and distinctive chemical profiles, which confer protective attributes (Jasim et al., 2013).

The present study is dedicated to probing the efficacy of endophytic microorganisms that stimulate plant growth and fortify plant defense mechanisms. These microorganisms are also prolific producers of various hydrolytic enzymes and antibiotic compounds. The primary objective is to assess their effectiveness against the notorious *F. culmorum* pathogen, which poses a substantial threat to wheat cultivation. Identifying and promoting endophytic bacteria that exhibit antagonist effects against *F. culmorum* holds the promise of reducing the losses incurred due to pathogen-induced diseases, thereby facilitating more productive agricultural practices. Furthermore, these endophytes hold potential as sustainable alternatives to conventional fungicides, facilitating the production of agricultural products with reduced chemical residues and promoting environmentally responsible farming practices.

## MATERIAL AND METHOD

### *Isolation of Endophytic Bacteria*

The isolation of endophytic bacteria involved the collection of wheat samples from fields located in the geographical coordinates of Küçükköy Mahallesi, Artuklu district, Mardin province, Turkey (37°07'47.9"N, 40°51'11.2"E). Subsequently, wheat plant segments, carefully measuring 1-2 centimeters in length, were precisely excised from the root and root collar regions of visibly healthy bread wheat and durum wheat genotypes. These plant segments served as the primary source for isolating the endophytic bacteria employed in the study. To ensure surface sterilization, these plant segments underwent a rigorous decontamination process. Initially, they were immersed in a 70% ethanol solution for a duration of 2 minutes, followed by a subsequent immersion in a 1% NaClO solution for 1 minute. Following this, the samples were thoroughly rinsed on five separate occasions using sterile distilled water.

Concurrently, a portion of the final rinse water was subjected to direct inoculation onto nutrient agar (NA) medium (Merck, Darmstadt, Germany). This procedure served as a critical assessment of the efficacy of the surface decontamination process. The absence of any colony development on the NA agar affirmed the successful sterilization of the plant samples.

Subsequently, Petri dishes containing NA agar were placed in an incubation chamber and maintained at a temperature of 24°C for a period spanning from 24 to 72 hours. Colonies that exhibited discernibly different growth characteristics, including variances in morphology, color, and edge attributes, were systematically categorized, purified, and subsequently preserved for subsequent analysis (Zvyagintsev, 1991).

### *Obtaining and Preservation of Pathogen Isolates*

The *F. culmorum* isolate denoted as Fc22, utilized in the present investigation, was originally procured from a diseased wheat specimen acquired during a preceding research endeavor (Alkan et al., 2019). Fc22 has previously demonstrated marked pathogenicity, instigating severe disease symptoms in the crown and root tissues of wheat plants belonging to the Seri 82 cultivar (*T. aestivum*). The quantification of disease severity, assessed on a graduated scale from 1 to 4, revealed a mean score of 3.80, signifying the considerable virulence inherent in this specific isolate. The deleterious consequences of Fc22 were conspicuously observable, resulting in substantial morbidity among the subjected plants and, in certain instances, culminating in the demise of entire specimens within the confines of the experimental pots (Özer et al., 2020). The origin of the isolate can be traced to the Culture Collection housed within the Department of Plant Protection at the Faculty of Agriculture, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu, Turkey.

To ensure the viability of all bacterial isolates acquired during this study, a fresh culture was derived from a 24-48 hour incubation period. Subsequently, these cultures were inoculated onto slant agar medium enriched with NA (Nutrient Agar). The isolates were then subjected to an incubation period of 24 to 72 hours at 24°C to facilitate observable growth. Once successfully established, the isolates were conserved at a temperature of 4°C. For prolonged conservation and to facilitate their utilization in both *in vitro* and *in vivo* experiments conducted under controlled conditions, all representative isolates were subjected to a

secondary purification process on NA agar medium. Following this, they were meticulously preserved in a solution of 30% glycerol and stored at a temperature of -80°C.

### ***Morphological Characteristics of Bacterial Isolates***

The investigation of the isolated bacterial strains encompassed Gram staining procedures (Demirbağ and Demir, 2005). In the catalase test, fresh cultures of the isolates were developed in Nutrient Broth (NB, Merck, Darmstadt, Germany) at 28°C for 48 hours. Subsequently, a 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution was introduced to the isolates, and their reactions, characterized by the presence or absence of foaming, were assessed (Holt et al., 1994). As for the oxidase test, samples were collected from bacterial isolates and applied to filter paper. Following this, oxidase reagent (Fluka, N,N-dimethyl-p-phnylenediamine oxalate,  $\alpha$ -naphthol) was administered, and any alterations in color were meticulously evaluated to determine the oxidase activity of the isolates (Holt et al., 1994).

### ***Enzymatic Activity***

For all enzymatic experiments, cultures of the isolates were prepared to match a McFarland standard of 5. All enzymatic assays were conducted with triplicate repetitions.

### ***Amylase Activity (Hydrolysis of Starch)***

Isolates were subjected to streaking onto Petri dishes containing starch agar, followed by a 2-day incubation period at 28°C. The colonies that emerged on the agar were subsequently evaluated for their amylase activity. A positive indication of starch hydrolysis was characterized by the development of a distinct bright color upon the addition of Lugol's solution, while a blue-black coloration was interpreted as a negative outcome (Egamberdieva et al., 2008).

### ***Phosphatase Activity***

The NBRIP (National Botanical Research Institute's Phosphate) medium, formulated with glucose (10 g l<sup>-1</sup>), Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (5 g l<sup>-1</sup>), MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O (5 g l<sup>-1</sup>), MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0.25 g l<sup>-1</sup>), KCl (0.2 g l<sup>-1</sup>), (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.1 g l<sup>-1</sup>), and agar (15 g l<sup>-1</sup>), was carefully prepared and adjusted to a pH of 7.0 before undergoing sterilization. Subsequently, 10  $\mu$ l of cultures were inoculated onto Petri dishes containing this medium. Incubation at 28°C for a period of 2-4 days resulted in the development of a clear zone surrounding the colonies, which was considered a positive indicator of phosphatase activity (Nautiyal, 1999). For control purposes, isolates were also cultured in media devoid of Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> supplementation.

### ***Cellulase Activity***

To evaluate cellulase activity, sterile solutions B and D were prepared. Solution B comprised 1M MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, while Solution D consisted of a 7.5% CaCl<sub>2</sub> solution. One milliliter from each of these solutions was extracted and incorporated into a sterile mixture of Solutions A and C. Solution A consisted of NaCl (0.25 g), carboxymethylcellulose (2.5 g), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (1.5 g), and distilled water (400 ml). Meanwhile, Solution C contained Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (3 g), yeast extract (0.5 g), glycerol (2.5 g), NH<sub>4</sub>Cl (0.5 g), agar (6.5 g), and distilled water (100 ml).

Isolates were subjected to streaking onto this composite medium and were subsequently incubated at 28°C for a duration of 96 hours. Following incubation, a 0.1% Congo red solution was applied to the colonies and allowed to stand for 20 minutes. Subsequent to this, the colonies underwent a washing procedure utilizing a 1 M NaCl solution. Colonies displaying a discernible clear zone around them were regarded as exhibiting positive cellulase activity (Egamberdieva, 2005).

### ***ACC Deaminase Production***

To assess ACC (1-Aminocyclopropane-1-carboxylate) deaminase production, the DF salt minimal medium method, originally outlined by Dworkin and Foster in 1958, was employed. Isolates that exhibited growth during incubation were categorized as positive for ACC deaminase production.

### ***Siderophore Production***

To assess siderophore production, the Blue agar medium, originally developed by Schwyn and Neilands in 1987, was employed. The evaluation of siderophore production was based on the observation of color changes within the Blue agar medium.

**Physiological and Biochemical Characteristics of Isolates**

To assess the tolerance of endophytic bacteria to different temperature levels, the growth of isolates was monitored at temperatures of 4°C, 15°C, 27°C, 37°C, and 41°C for 7 days (Gardner et al., 1984). To evaluate the tolerance of isolates to varying salt concentrations, NB medium was prepared with NaCl concentrations of 0%, 1%, 2%, 3%, and 4%, and the isolates were incubated at 28°C for 7 days to assess their growth under these conditions (Cappuccino and Sherman, 1992).

**Carbohydrate Tests**

To assess carbohydrate utilization, individual carbohydrates, including glucose, maltose, fructose, xylose, mannitol, tryptophan, and 0.1 M inositol, were separately filtered through a 0.45 µm filter and added to a sterile mineral salt medium. The growth of isolates was monitored for 3, 7, and 14 days at 28°C, following the methodology established by Ji and Wilson in 2002.

**Pectolytic Activity Test**

For the purpose of sterilization, unblemished and freshly harvested potato tubers were immersed in a 5% NaOCl solution for a duration of 10 minutes. Subsequently, these tubers were sliced into approximately 5 mm thick sections and carefully positioned within Petri dishes containing sterile, moist paper. A volume of 1 ml from 24-hour-old endophytic bacterial cultures was aseptically withdrawn and injected into the potato slices. The inoculated potato slices were then subjected to incubation at 28°C. The assessment of softening in the potato slices was conducted between 24 to 72 hours, with the presence of softening being regarded as a positive outcome. Sterile distilled water served as the control medium.

**Tobacco Hypersensitivity (HR) Test**

Endophytic bacteria cultures, aged 24 hours, were streaked onto NA agar plates and subsequently incubated. These bacterial cultures were then transferred into sterile distilled water and thoroughly mixed using a vortex device. The resulting mixture's concentration was standardized to 10<sup>8</sup> colony-forming units per milliliter (cfu ml<sup>-1</sup>). Through the use of an injector, this prepared solution was precisely introduced into the leaf veins of tobacco plants (*Nicotina tabacum* L. cv. Samsun). Following the inoculation, the treated plants were placed in controlled plant growth chambers for a duration of 2 days. This period allowed for the observation of any necrotic tissue formation in the regions where the inoculation had been administered. For experimental validation, a positive control employed *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolate, while sterile distilled water served as the negative control. Those displaying HR (+) indicated the presence of necrotic tissue formation, whereas those without such tissue formation were classified as HR (-) negative.

**Antagonistic Activity**

To assess the antagonistic activity of endophytic bacteria against the pathogen, the following formula was applied:

$$\%RI = R - r / R \times 100 \quad (1)$$

Where:

%RI represents the inhibition rate.

R represents the growth of the pathogenic fungus in the absence of bacteria (measured in millimeters).

r represents the growth of the pathogenic fungus towards the presence of bacteria (measured in millimeters).

**Molecular Identification of Endophytic Bacteria**

Before progressing to the climate chamber experiments, we conducted species-level identification of the top six isolates exhibiting the highest antagonist activity, which were isolated from the sampled areas. To

achieve this, we performed nucleic acid isolation from fresh cultures using the DNeasy Blood and Tissue kit (Cat No. ID; 69504, Qiagen, Hilden, Germany) following the manufacturer's instructions. The resulting DNA quantity was quantified using a DS-11 FX+ spectrophotometer (Denovix Inc., Wilmington, DE, USA), and the DNA was diluted to a concentration of 10 ng  $\mu\text{l}^{-1}$  with sterile ultrapure water.

The 16S rRNA regions of these isolates were amplified using specific primers, namely (Amp-F) 5'-GAG AGT TTG ATY CTG GCT CAG-3' and (Amp-R) 5'- AAG GAG GTG ATC CAR CCG CA-3', as described by Baker et al. (2003). The PCR amplification process was carried out in a total volume of 50  $\mu\text{l}$ , consisting of 1  $\mu\text{l}$  DNA, 5  $\mu\text{l}$  of 10 $\times$  PCR buffer, 0.5  $\mu\text{l}$  of 2 mM dNTPs, 1  $\mu\text{l}$  of 10  $\mu\text{M}$  primers, 0.25  $\mu\text{l}$  of 5 U  $\mu\text{l}$  Dream Taq DNA polymerase (Thermo Fischer Scientific, Waltham, MA, USA), and sterile ddH<sub>2</sub>O. The PCR reaction followed a specific program: initial denaturation at 95 °C for 2 minutes, followed by 35 cycles of denaturation at 95 °C for 30 seconds, annealing at 55 °C for 60 seconds, and extension at 72 °C for 90 seconds, with a final extension step at 72 °C for 10 minutes. Subsequently, 10  $\mu\text{l}$  of the resulting PCR products were loaded onto a 1.5% (w v<sup>-1</sup>) agarose gel and electrophoresed in 1 $\times$  TAE buffer for 2 hours. Afterward, the gel was stained with ethidium bromide and visualized using the G:BOX F3 gel documentation system (Syngene, Cambridge, UK).

The sequences obtained from this process underwent bidirectional sequence analysis, and species-level identification was established by comparing them with sequences of known species in the GenBank database through BLAST analysis. Furthermore, the sequences corresponding to the isolates were deposited in the GenBank database, and unique accession numbers were obtained.

### ***In Vivo Studies***

#### ***Climate Chamber Studies***

In this research, we utilized sterilized seeds of the vulnerable wheat variety, known as Pehlivan. Before sowing, meticulous surface disinfection of these seeds was diligently performed. The process involved a 5-minute rinse with sterile distilled water, followed by a 30-second immersion in 75% ethanol, and a subsequent 1-minute exposure to a 0.5% NaOCl solution for thorough surface disinfection. Following this rigorous procedure, the seeds underwent two additional rounds of rinsing with sterile distilled water and were carefully dried under sterile conditions. They were then planted in vials. After a span of 10 days, the seedlings were meticulously transplanted into individual pots. Notably, the pots were first inoculated with bacteria, and subsequently, after a 2-hour interval, the introduction of the pathogen took place.

#### ***Bacterial Inoculation***

In this study, we employed various combinations of endophytic bacterial isolates carefully chosen based on their specific characteristics. These combinations included MY3+EY5+MM11 isolates, EY1+EM9+MM21 isolates, MM21 isolate on its own, MM21+MY3+EY5 isolates, and MY3+EY5+MM11+EM9+MM21 isolates. Each of these isolate mixtures was suspended in a 250 ml bacterial solution with a concentration of 10<sup>7</sup> cfu ml<sup>-1</sup>, and a 1% Carboxy Methyl Cellulose (CMC) adhesive was added to enhance adhesion.

Wheat seedlings underwent a 2-hour immersion of their roots in these bacterial suspensions before being transplanted into individual pots. Soil application of the endophytic bacterial suspension (10<sup>7</sup> cfu ml<sup>-1</sup>) was carried out for each pot after transplantation, with an additional application applied 30 days post-inoculation. As a control group, sterile distilled water was utilized.

#### ***Pathogen Inoculation***

In preparation for the pathogenicity test, an inoculum of the Pehlivan wheat variety was meticulously created. This process involved soaking Pehlivan wheat seeds in distilled water overnight, followed by thorough drainage. The hydrated seeds were then carefully arranged within 500 ml Erlenmeyer flasks. To ensure the sterilization of the seeds, approximately one-third of the Erlenmeyer flask volume was filled with seeds, which subsequently underwent a rigorous autoclaving procedure spanning three consecutive days.

Subsequently, 5 mm discs were meticulously excised from 7-day-old *F. culmorum* cultures that had been cultivated on Potato Dextrose Agar (PDA) plates. These discs were judiciously employed to inoculate the hydrated wheat seeds within the Erlenmeyer flasks. Daily agitation was maintained, and the flasks were

subjected to a four-week incubation period at a temperature of 25°C. This duration allowed for the complete colonization of *F. culmorum* within the wheat grains. Upon the conclusion of the inoculation process, the wheat grains underwent a 24-hour drying period at 30°C. Subsequently, they were transformed into flour via mechanical blending techniques employing a blender, following the methodology outlined by Wallwork et al. in 2004.

Each individual pot was then endowed with 0.5 g of the prepared wheat inoculum. These pots were methodically irrigated, hermetically sealed using sterile polyethylene bags, and afforded a one-week period to facilitate the pervasive distribution of the fungus within the soil.

For the potted plant experiment, a mixture of sterilized sand, peat, and field soil in a 1:1:1 ratio was filled to one-third of the volume in sterile plastic pots with a 20 cm diameter. Wheat seedlings, previously grown in vials, were transplanted into each pot, with four wheat plants in each. The following treatments were applied:

1. *S. maltophilia* + *Enterobacter* sp. + *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11) + *F. culmorum*
2. *S. maltophilia* + *Enterobacter* sp. + *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11)
3. *P. putida* + *S. rhizophila* + *P. orientalis* (EY1+EM9+MM21) + *F. culmorum*
4. *P. putida* + *S. rhizophila* + *P. orientalis* (EY1+EM9+MM21)
5. *P. orientalis* (MM21) + *F. culmorum*
6. *P. orientalis* (MM21)
7. *P. orientalis* + *Enterobacter* sp. + *S. maltophilia* (MM21+MY3+EY5) + *F. culmorum*
8. *P. orientalis* + *Enterobacter* sp. + *S. maltophilia* (MM21+MY3+EY5)
9. *Enterobacter* sp. + *S. maltophilia* + *B. subtilis* + *S. rhizophila* + *P. orientalis* (MY3+EY5+MM11+EM9+MM21) + *F. culmorum*
10. *Enterobacter* sp. + *S. maltophilia* + *B. subtilis* + *S. rhizophila* + *P. orientalis* (MY3+EY5+MM11+EM9+MM21)

Additionally, there were control groups consisting of an uninoculated negative control and a positive control with only *F. culmorum* inoculum.

The potted plants were cultivated within a controlled environment inside a growth chamber, maintaining specific conditions such as 50-65% humidity, a 14-10 hour light dark photoperiod, and temperatures held within the range of 25 20±2°C. This cultivation period extended over 60 days, aligning with the protocol established by Ekmekçi and Terzioglu in 1998.

To assess their influence on plant development, wheat plants were subjected to distinct bacterial treatments. The impact on key parameters including plant height, plant fresh weight, plant dry weight, root fresh weight, and root dry weight was scrutinized.

Subsequent to the 60-day post-inoculation period, the wheat plants underwent careful removal from their respective pots, ensuring minimal disruption to the root system. A gentle wash was administered using tap water to remove the surrounding soil. The study evaluated the effects of endophytic bacterial isolates on plant growth and their efficacy in combatting the *F. culmorum* pathogen.

Each isolate underwent triplicate pot experiments, with every pot housing four wheat plants, resulting in a total of 24 plants for each isolate treatment and a cumulative total of 144 plants. The research investigation focused on various parameters, encompassing plant height, fresh weight, total plant dry weight, total root fresh weight, and total root dry weight for the wheat seeds.

For disease assessments, the seeds of bread wheat variety Pehlivan were germinated in vials, and later, pots with four wheat seedlings were established for each treatment, including both individual and combined isolates, with one control group and three replicates, totaling four replicates. An evaluation scale ranging from 0 to 5, following the guidelines of Wildermuth and McNamara (1994), was employed to assess disease severity levels based on lesion and necrosis development:

0: Healthy or symptomless plant 1: Plant affected less than 25% 2: Plant affected between 25-50% 3: Plant affected between 51-75% 4: Plant affected more than 75% 5: Dead plant

To ensure disease inoculation, the pathogen was introduced into the soil, and the experiment was set up with four replicates. After four weeks of inoculation, the potted plants were uprooted, evaluated based on the 0-5 scale, and disease index values were calculated. Statistical analyses of the data collected from the pot experiments were conducted using the JMP program and Tukey's Test method. Following observations, Koch's postulates were applied to each sample for reisolation. Disease severity was calculated using the Townsend-Heuberger formula:

$$\text{Disease Severity (\%)} = \frac{\sum(\text{Scale Value} \times \text{Number of Plants at that Scale Value})^{100}}{\text{Total Number of Plants} \times \text{Highest Scale Value}} \quad (2)$$

Statistical analysis of the study data involved one-way analysis of variance (ANOVA), and differences between means were determined using the Tukey test ( $p < 0.05$ ).

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Isolation of Endophytic Bacteria*

A total of 69 endophytic bacterial isolates were obtained from the roots and root collars of wheat plants, including 9 from local bread wheat genotypes, 23 from modern bread wheat genotypes, 13 from local durum wheat genotypes, and 24 from modern durum wheat genotypes (Table 1).

### *Morphological characteristics of Bacterial Isolates*

The phenotypic test results of the bacterial isolates selected for *in vivo* pot experiments based on *in vitro* Petri dish trials are presented in Table 1.

**Table 1.** Phenotypic test results of isolates.

*Çizelge 1. İzolatların fenotipik test sonuçları.*

| Bacteria <sup>a</sup> | Gr Staining | Catalase | Oxidase | Amylase | Cellulase | Phosphatase | ACC Deaminase | Siderophore |
|-----------------------|-------------|----------|---------|---------|-----------|-------------|---------------|-------------|
| EY1                   | -           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | -           |
| EY2                   | -           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | W           |
| EY3                   | -           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | W           |
| EY4                   | -           | +        | +       | +       | +         | +           | +             | -           |
| EY5                   | -           | +        | +       | +       | +         | -           | +             | -           |
| EY6                   | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | W           |
| EY7                   | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | W           |
| EY8                   | -           | +        | +       | -       | +         | +           | +             | +           |
| EY9                   | +           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | +           |
| EM1                   | -           | +        | +       | -       | W         | -           | +             | -           |
| EM2                   | -           | +        | +       | -       | W         | -           | +             | -           |
| EM3                   | -           | +        | -       | -       | -         | +           | -             | -           |

Table 1. Continued.

Çizelge 1. Devamı.

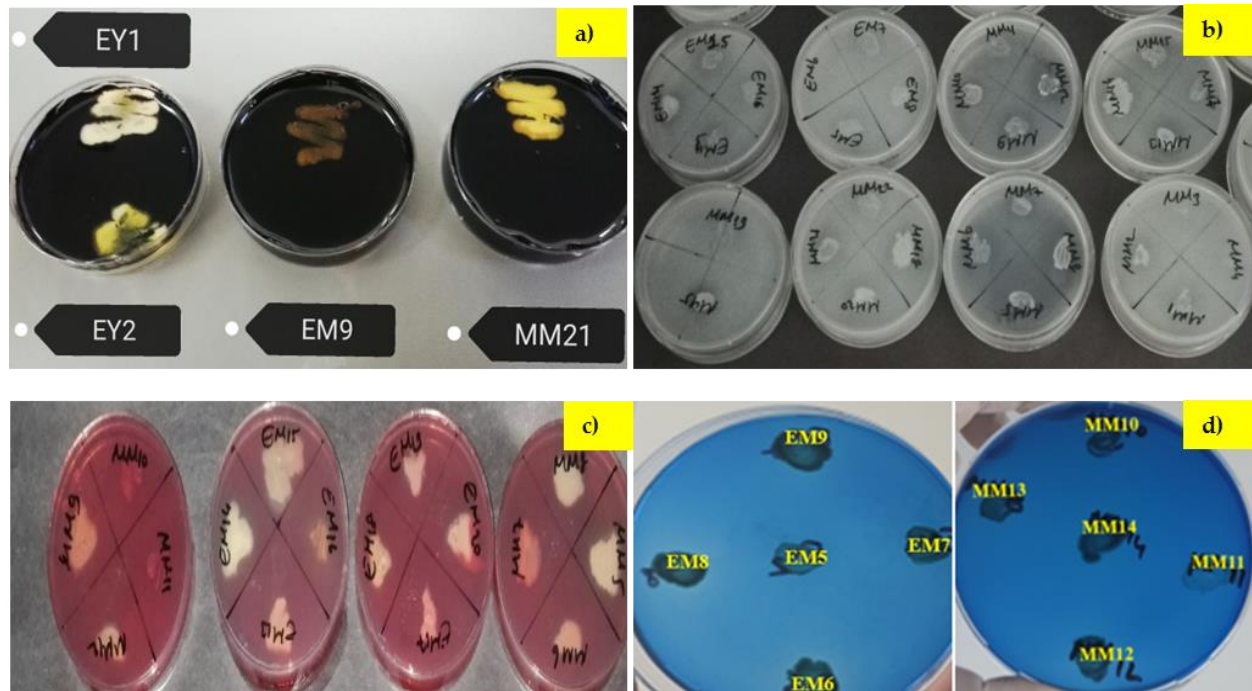
| Bacteria# | Gr Staining | Catalase | Oxidase | Amylase | Cellulase | Phosphatase | ACC Deaminase | Siderophore |
|-----------|-------------|----------|---------|---------|-----------|-------------|---------------|-------------|
| EM4       | -           | +        | +       | W       | -         | +           | -             | -           |
| EM5       | -           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | +           |
| EM6       | -           | +        | +       | -       | -         | -           | -             | +           |
| EM7       | -           | -        | +       | W       | -         | -           | -             | +           |
| EM8       | -           | +        | +       | -       | -         | -           | -             | +           |
| EM9       | -           | +        | +       | +       | +         | +           | +             | -           |
| EM10      | -           | W        | +       | +       | +         | -           | +             | -           |
| EM11      | -           | +        | +       | W       | -         | +           | +             | -           |
| EM12      | -           | +        | +       | W       | -         | +           | +             | -           |
| EM13      | -           | W        | +       | W       | -         | +           | +             | W           |
| EM14      | -           | -        | -       | +       | -         | +           | -             | -           |
| EM15      | -           | +        | +       | -       | -         | W           | W             | -           |
| EM16      | +           | +        | +       | W       | -         | W           | +             | +           |
| EM17      | -           | +        | +       | -       | -         | +           | -             | -           |
| EM18      | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | -           |
| EM19      | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | -           |
| EM20      | -           | +        | +       | W       | -         | -           | -             | -           |
| EM21      | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | -           |
| EM22      | -           | -        | -       | W       | -         | +           | -             | -           |
| EM23      | -           | +        | +       | W       | -         | +           | +             | -           |
| MY1       | -           | +        | +       | +       | -         | W           | +             | -           |
| MY2       | -           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | -           |
| MY3       | -           | +        | -       | +       | -         | W           | +             | W           |
| MY4       | -           | +        | +       | +       | -         | W           | +             | -           |
| MY5       | -           | +        | -       | +       | -         | +           | W             | -           |
| MY6       | -           | +        | +       | +       | -         | -           | +             | +           |
| MY7       | -           | +        | -       | +       | -         | +           | +             | W           |
| MY8       | -           | +        | +       | W       | -         | -           | W             | +           |
| MY9       | -           | W        | +       | W       | -         | W           | -             | W           |
| MY10      | -           | +        | -       | -       | -         | -           | +             | +           |
| MY11      | -           | +        | +       | +       | -         | -           | +             | -           |
| MY12      | -           | +        | +       | W       | -         | -           | +             | -           |
| MY13      | -           | +        | +       | -       | -         | -           | +             | -           |
| MM1       | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | -           |
| MM2       | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | -           |
| MM3       | -           | +        | +       | -       | +         | -           | +             | +           |
| MM4       | -           | +        | +       | -       | +         | -           | -             | W           |
| MM5       | -           | +        | +       | -       | +         | +           | +             | +           |
| MM6       | -           | +        | +       | +       | -         | +           | +             | +           |
| MM7       | -           | W        | +       | -       | -         | +           | -             | +           |
| MM8       | -           | +        | +       | W       | -         | +           | +             | +           |
| MM9       | -           | +        | +       | -       | -         | +           | +             | -           |
| MM10      | -           | +        | -       | W       | -         | +           | -             | -           |
| MM11      | +           | +        | +       | +       | -         | -           | +             | W           |
| MM12      | -           | +        | +       | W       | -         | +           | +             | +           |
| MM13      | -           | +        | +       | -       | +         | +           | +             | +           |
| MM14      | -           | +        | +       | -       | +         | +           | +             | +           |
| MM15      | -           | +        | +       | +       | +         | +           | +             | -           |
| MM17      | -           | +        | +       | -       | +         | +           | +             | -           |
| MM18      | -           | +        | +       | -       | +         | +           | +             | -           |
| MM19      | -           | +        | +       | W       | -         | -           | +             | W           |
| MM20      | -           | W        | +       | -       | +         | +           | +             | +           |
| MM21      | -           | +        | +       | +       | +         | +           | +             | W           |
| MM22      | -           | +        | +       | -       | +         | -           | +             | +           |
| MM23      | -           | W        | +       | W       | -         | -           | W             | +           |
| MM24      | -           | W        | +       | -       | -         | -           | -             | +           |
| MM25      | -           | +        | +       | -       | -         | W           | +             | -           |

\*EY: Local Bread Wheat; EM: Modern Bread Wheat; MY: Local Durum Wheat; MM: Modern Durum Wheat. Assessments in columns: Weak (W), Negative (-), Positive (+).

### Enzymatic Activity

The enzymatic activities of amylase, cellulase, phosphatase, and ACC deaminase were examined in 69 endophytic bacterial isolates. Isolates displaying observable growth were categorized as positive, while those without growth were deemed negative, as summarized in Table 1. In the case of amylase activity, 29 isolates yielded negative results, while all other isolates exhibited positive outcomes (Table 1) (Figure 1a). Regarding phosphatase activity, 19 isolates demonstrated negativity, while the remaining isolates displayed positive results (Table 1) (Figure 1b). For cellulase activity, 51 isolates displayed cellulase positivity, whereas the rest were negative (Table 1) (Figure 1c). In the ACC deaminase test, 14 of the endophytic isolates were found to be negative, while the rest exhibited positive reactions (Table 1). Concerning siderophore production, 35 endophytic isolates tested negative, while all other isolates exhibited positive siderophore production (Table 1) (Figure 1d).

In a study conducted by Pang et al. (2022), the isolation of endophytic bacteria from the roots, stems, leaves, and seeds of three winter wheat varieties was documented. These isolated bacteria were subjected to various investigations, including their capacity to produce indole-3-acetic acid (IAA), solubilize potassium and phosphate, and thrive in a nitrogen-depleted environment. Additionally, their impact on plant growth parameters, such as dry root weight, above-ground dry weight, and plant height, was assessed through pot experiments. A total of 127 strains were thoughtfully selected from a pool of 610 isolated endophytic bacterial cultures, representing 10 different genera and 22 species. Remarkably, *Bacillus aryabhatai*, *B. stratosphericus*, *Pseudomonas oryzae*, and *Leclercia adecarboxylata* were identified for the first time as endophytes within wheat plants using 16S rRNA gene sequencing.



**Figure 1.** a) Amylase activity of endophytic bacteria; b) Phosphatase activity of endophytic bacteria; c) Cellulase activity of endophytic bacteria; d) Siderophore production of endophytic bacteria.

Şekil 1. a) Endofitik bakterilerin amilaz aktivitesi; b) Endofitik bakterilerin fosfataz aktivitesi; c) Endofitik bakterilerin selüloz aktivitesi; d) Endofitik bakterilerin siderofor üretimi.

The study unveiled noteworthy findings, with 45% of the 127 strains exhibiting IAA production, 29% displaying inorganic phosphate solubility, 37% demonstrating organic phosphate solubility, 2.4% showcasing potassium solubility, and 37.8% thriving in a nitrogen-deprived environment. In pot experiments, each bacterial strain displayed distinctive effects on wheat plants, influenced by the evaluated growth parameters. *Bacillus* emerged as the predominant bacterial taxon isolated from winter wheat plants. These findings underscored the pivotal role of wheat roots as the primary reservoir for



screening endophytic bacteria with biofertilizer potential. Furthermore, our studies revealed that 69 isolates exhibited notably effective results, with 58% displaying amylase activity, 72% phosphatase activity, 74% cellulase activity, 80% ACC deaminase enzyme activity, and 49% demonstrating siderophore production.

### *Physiological and Biochemical Characteristics of Isolates*

A statistical analysis was conducted to evaluate variations in temperature tolerance among isolates at different concentrations. Notably, a significant difference was observed solely at 4°C ( $p < 0.01$ ), while no statistically significant disparities were detected at other temperature levels. Similarly, when assessing tolerance to varying salt concentrations among isolates, no statistically significant differences emerged.

### *Carbohydrate Tests*

In the context of carbohydrate utilization tests, it was observed that specific isolates displayed varying responses in different carbon sources. In a mineral medium supplemented with glucose, eight isolates failed to exhibit growth, while all other isolates demonstrated robust growth. A similar pattern was observed when fructose was incorporated into the mineral medium, with six isolates showing no growth, and all other isolates thriving. Mannitol supplementation in the mineral medium resulted in growth inhibition for 21 isolates, while the remaining isolates displayed growth. In the case of tryptophan-supplemented mineral medium, 21 isolates did not grow, while the others thrived. For maltose-supplemented mineral medium, growth was inhibited in eight isolates, with the rest showing robust growth. When xylitol was introduced to the mineral medium, nine isolates did not grow, while others flourished. Lastly, in the presence of myo-inositol, 15 isolates failed to grow (Table 2).

Endophytic bacteria with a diverse carbon source utilization profile are speculated to contribute to disease severity reduction. Their capacity to utilize carbon sources could position them as promising biological control agents. The carbohydrate test serves as a valuable tool to ascertain the presence of carbon similarity among bacterial strains. Therefore, considering the *in vitro* results alongside carbon source utilization profiles, siderophore production, and enzyme activities, it can be inferred that endophytic bacteria hold promise as effective biological control agents (Ji and Wilson, 2002).

**Table 2.** Carbohydrate test results of endophytic bacteria.

Çizelge 2. Endofitik bakterilerin karbonhidrat test sonuçları.

| Bacteria <sup>a</sup> | Glucose | Fructose | Mannitol | Tryptophan | Maltose | Xylose | M-Inositol |
|-----------------------|---------|----------|----------|------------|---------|--------|------------|
| EY1                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| EY2                   | +       | +        | -        | +          | +       | +      | +          |
| EY3                   | +       | +        | -        | +          | +       | +      | +          |
| EY4                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| EY5                   | +       | -        | W        | -          | +       | -      | -          |
| EY6                   | -       | -        | -        | +          | +       | +      | -          |
| EY7                   | +       | +        | +        | +          | +       | -      | +          |
| EY8                   | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EY9                   | W       | -        | W        | +          | +       | -      | W          |
| EM1                   | +       | +        | W        | -          | -       | +      | -          |
| EM2                   | +       | +        | +        | W          | +       | +      | +          |
| EM3                   | +       | +        | +        | W          | +       | +      | +          |
| EM4                   | +       | +        | W        | W          | +       | +      | +          |
| EM5                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| EM6                   | -       | -        | -        | -          | -       | +      | -          |
| EM7                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| EM8                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| EM9                   | -       | +        | -        | -          | +       | W      | W          |
| EM10                  | -       | W        | -        | -          | +       | +      | -          |
| EM11                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EM12                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EM13                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EM14                  | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| EM15                  | +       | +        | W        | W          | -       | +      | -          |
| EM16                  | +       | +        | W        | W          | +       | +      | +          |

Table 2. Continued.

Çizelge 2. Devamı.

| Bacteria <sup>‡</sup> | Glucose | Fructose | Mannitol | Tryptophan | Maltose | Xylose | M-Inositol |
|-----------------------|---------|----------|----------|------------|---------|--------|------------|
| EM17                  | W       | +        | W        | W          | +       | +      | -          |
| EM18                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EM19                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EM20                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| EM21                  | +       | +        | W        | +          | +       | W      | +          |
| EM22                  | +       | +        | +        | -          | +       | +      | +          |
| EM23                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| MY1                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | W          |
| MY2                   | +       | +        | W        | -          | +       | +      | +          |
| MY3                   | +       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| MY4                   | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| MY5                   | W       | +        | -        | -          | W       | -      | W          |
| MY6                   | W       | +        | -        | +          | W       | -      | W          |
| MY7                   | W       | +        | -        | -          | W       | W      | -          |
| MY8                   | W       | +        | -        | +          | W       | -      | W          |
| MY9                   | +       | +        | W        | -          | W       | +      | W          |
| MY10                  | +       | +        | W        | -          | W       | +      | W          |
| MY11                  | +       | +        | W        | -          | -       | +      | W          |
| MY12                  | +       | +        | W        | +          | -       | +      | W          |
| MY13                  | +       | +        | W        | +          | -       | +      | W          |
| MM1                   | +       | W        | -        | +          | +       | +      | +          |
| MM2                   | +       | W        | -        | +          | +       | +      | +          |
| MM3                   | +       | +        | +        | -          | -       | W      | -          |
| MM4                   | +       | W        | -        | -          | +       | +      | -          |
| MM5                   | +       | +        | -        | +          | +       | +      | +          |
| MM6                   | +       | +        | -        | +          | +       | +      | +          |
| MM7                   | +       | +        | +        | -          | +       | +      | +          |
| MM8                   | +       | +        | +        | -          | +       | +      | +          |
| MM9                   | -       | +        | -        | +          | +       | +      | +          |
| MM10                  | +       | +        | +        | +          | +       | +      | +          |
| MM11                  | +       | +        | W        | -          | +       | +      | -          |
| MM12                  | +       | +        | -        | +          | +       | +      | +          |
| MM13                  | +       | +        | W        | +          | +       | W      | +          |
| MM14                  | +       | +        | +        | +          | +       | W      | +          |
| MM15                  | +       | W        | W        | +          | +       | W      | +          |
| MM17                  | W       | W        | W        | +          | +       | +      | W          |
| MM18                  | +       | W        | +        | +          | +       | W      | +          |
| MM19                  | +       | W        | W        | +          | +       | +      | -          |
| MM20                  | W       | +        | W        | +          | +       | +      | +          |
| MM21                  | -       | -        | W        | +          | -       | -      | -          |
| MM22                  | W       | W        | -        | -          | W       | W      | -          |
| MM23                  | -       | W        | -        | -          | W       | W      | -          |
| MM24                  | -       | -        | -        | -          | +       | -      | -          |
| MM25                  | +       | W        | -        | -          | W       | -      | +          |

<sup>‡</sup>EY: Local Bread Wheat; EM: Modern Bread Wheat; MY: Local Durum Wheat; MM: Modern Durum Wheat. Assessments in columns: Weak (W), Negative (-), Positive (+).

### *Pectolytic Activity Test*

The results of the pectolytic activity test indicated that all isolates exhibited a negative response.

### *Tobacco Hypersensitive Reaction (HR) Test*

In the HR test, all endophytic bacteria were evaluated as negative (HR-) since they did not induce the formation of necrotic tissue.

### *Antagonistic Activity*

In the evaluation of antagonistic activity exhibited by endophytic bacteria, a spectrum of inhibition rates was observed, spanning from a minimum of 13.90% to a maximum of 80.56% (Table 3). Notably, the MM11 isolate demonstrated the highest inhibition rate at 80.59%, followed by the EY5 isolate at 69.41%, and the

MY3 isolate at 61.10%. Conversely, the lowest inhibition rates were identified in the MY7 and MY10 isolates, both registering at 13.90%.

The endophytic bacteria exhibited notable antagonistic activities against *F. culmorum*, as depicted in Figure 2. A statistical analysis using one-way analysis of variance (ANOVA), as detailed in Table 4, revealed significant differences ( $p < 0.001$ ) among the mean effects displayed by these bacterial strains.

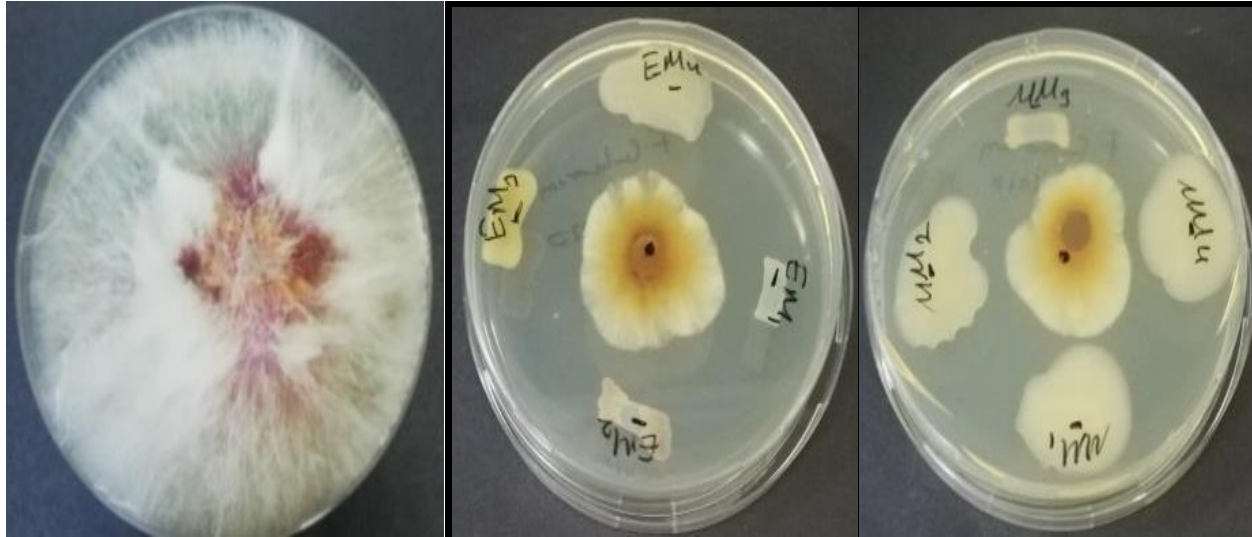
**Table 3.** Antagonistic activity of isolates against *Fusarium culmorum*.

Çizelge 3. İzolatların *Fusarium culmorum*'a karşı antogonistik etkinlikleri.

| Bacterium <sup>r</sup> | Effect (%)           | Bacterium | Effect (%)         | Bacterium | Effect (%)         | Bacterium | Effect (%)         |
|------------------------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|
| EY1                    | 58.31 <sup>d##</sup> | EM10      | 41.69 <sup>j</sup> | MY5       | 30.56 <sup>n</sup> | MM10      | 41.69 <sup>j</sup> |
| EY2                    | 30.56 <sup>n</sup>   | EM11      | 27.79 <sup>o</sup> | MY6       | 30.59 <sup>n</sup> | MM11      | 80.59 <sup>a</sup> |
| EY3                    | 41.69 <sup>j</sup>   | EM12      | 30.59 <sup>n</sup> | MY7       | 13.90 <sup>r</sup> | MM12      | 33.41 <sup>m</sup> |
| EY4                    | 41.69 <sup>j</sup>   | EM13      | 36.10 <sup>l</sup> | MY8       | 25.00 <sup>p</sup> | MM13      | 33.41 <sup>m</sup> |
| EY5                    | 69.41 <sup>b</sup>   | EM14      | 36.10 <sup>l</sup> | MY9       | 30.59 <sup>n</sup> | MM14      | 25.00 <sup>p</sup> |
| EY6                    | 36.10 <sup>l</sup>   | EM15      | 44.41 <sup>i</sup> | MY10      | 13.90 <sup>r</sup> | MM15      | 50.00 <sup>s</sup> |
| EY7                    | 44.41 <sup>i</sup>   | EM16      | 30.59 <sup>n</sup> | MY11      | 25.00 <sup>p</sup> | MM17      | 52.79 <sup>f</sup> |
| EY8                    | 30.59 <sup>n</sup>   | EM17      | 44.41 <sup>i</sup> | MY12      | 30.59 <sup>n</sup> | MM18      | 50.00 <sup>s</sup> |
| EY9                    | 22.21 <sup>q</sup>   | EM18      | 36.10 <sup>l</sup> | MY13      | 50.00 <sup>s</sup> | MM19      | 36.10 <sup>l</sup> |
| EM1                    | 36.10 <sup>l</sup>   | EM19      | 33.31 <sup>m</sup> | MM1       | 41.69 <sup>j</sup> | MM20      | 47.21 <sup>h</sup> |
| EM2                    | 52.79 <sup>f</sup>   | EM20      | 30.59 <sup>n</sup> | MM2       | 30.59 <sup>n</sup> | MM21      | 61.10 <sup>c</sup> |
| EM3                    | 55.59 <sup>e</sup>   | EM21      | 30.59 <sup>n</sup> | MM3       | 36.10 <sup>l</sup> | MM22      | 38.90 <sup>k</sup> |
| EM4                    | 52.79 <sup>f</sup>   | EM22      | 33.31 <sup>m</sup> | MM4       | 33.31 <sup>m</sup> | MM23      | 36.10 <sup>l</sup> |
| EM5                    | 44.41 <sup>i</sup>   | EM23      | 22.21 <sup>q</sup> | MM5       | 30.59 <sup>n</sup> | MM24      | 25.00 <sup>p</sup> |
| EM6                    | 38.90 <sup>k</sup>   | MY1       | 41.69 <sup>j</sup> | MM6       | 30.59 <sup>n</sup> | MM25      | 44.41 <sup>i</sup> |
| EM7                    | 44.41 <sup>i</sup>   | MY2       | 50.00 <sup>s</sup> | MM7       | 44.51 <sup>i</sup> |           |                    |
| EM8                    | 38.90 <sup>k</sup>   | MY3       | 61.10 <sup>c</sup> | MM8       | 52.79 <sup>f</sup> |           |                    |
| EM9                    | 55.59 <sup>e</sup>   | MY4       | 50.00 <sup>s</sup> | MM9       | 41.69 <sup>j</sup> |           |                    |

<sup>r</sup>EY: Local Bread Wheat; EM: Modern Bread Wheat; MY: Local Durum Wheat; MM: Modern Durum Wheat.

<sup>##</sup>Means sharing the same letter within the same column do not exhibit statistically significant differences.



**Figure 2.** The antagonistic activities of endophytic bacteria EM1, EM2, EM3, EM4, MM1, MM2, MM3, and MM4 in comparison to the control.

Şekil 2. Kontrolle göre EM1, EM2, EM3, EM4, MM1, MM2, MM3 ve MM4 endofitik bakterilerin antagonistik aktiviteleri.

**Table 4.** Analysis of variance for antagonistic activities of isolates.

Çizelge 4. İzolatların antagonistik aktivitelerinin varyans analiz tablosu .

| Sources of Variation | DF <sup>#</sup> | SS <sup>#</sup> | MS <sup>#</sup> | F Value | Prob>F    |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----------|
| Isolate              | 68              | 30337.94        | 446.15          | 6606.83 | 0.0001*** |
| Error                | 138             | 9.32            | 0.07            |         |           |
| General              | 206             | 30347.26        |                 |         |           |

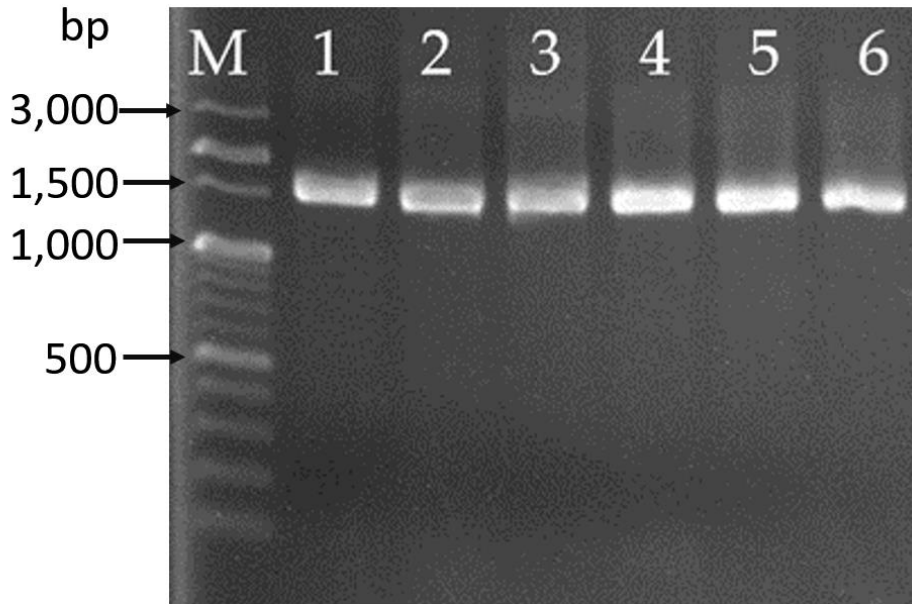
<sup>#</sup>DF: Degrees of Freedom SS: Sum of Squares MS: Mean Squares.

\*\*\* Significant at  $p \leq 0.001$  level.

In a biological control investigation, *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* xh-9 exhibited the potential to serve as a biocontrol agent against *F. oxysporum* and various other phytopathogens when applied to a locally cultivated wheat field, as documented in the study by Wang et al. in 2018. Another study conducted by Jankiewicz et al. in 2012 highlighted the inhibitory effects of the bacterium *Stenotrophomonas maltophilia* on the growth of fungal phytopathogens from the *Fusarium*, *Rhizoctonia*, and *Alternaria* genera through its enzymatic activity. Our current research similarly suggests the biocontrol potential of certain endophytic bacteria isolated from wheat, including *S. rhizophila* (EM9), *P. putida* (EY1), *Stenotrophomonas maltophilia* (EY5), *Enterobacter* sp. (MY3), *Bacillus subtilis* (MM11), and *P. orientalis* (MM21), against *F. culmorum*.

#### Molecular Identification of Endophytic Bacteria

The isolates were visualized using a 16S rRNA Agarose gel (Figure 3). PCR amplification yielded DNA fragments of approximately 1500 base pairs corresponding to the 16S rRNA region of the rDNA. BLASTn queries, based on the 16S rRNA region, revealed that all isolates exhibited a remarkable similarity, ranging from 99% to 100%, with species documented in the GenBank database. All sequences obtained in our study have been registered in GenBank, each assigned a unique accession number, as detailed in Table 3.



**Figure 3.** 16S rRNA agarose gel image of bacterial isolates obtained as part of the study. M: 100 bp DNA Ladder (Solis BioDyne, Tartu, Estonia).

Şekil 3. Çalışmadaki elde edilen bakteriyel izolatlara ait 16S rRNA agaroz jel görüntüsü. M: 100 bp DNA Ladder (Solis BioDyne, Tartu, Estonya).

In a prior investigation focused on bacteria that stimulate plant growth within the wheat rhizosphere, 16 bacterial isolates were obtained, considering various traits such as ammonium production, siderophore production, phosphate solubilization, nitrification, and IAA (indole acetic acid) production. Taxonomic classification of these isolates was determined through 16S rDNA sequencing, placing them within the genera *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, and *Lysinibacillus* (Di Benedetto et al., 2019).

In a similar vein, our current study selected six isolates based on a comprehensive set of criteria, including morphological, physiological, and biochemical characteristics, carbohydrate utilization patterns, enzyme activities, siderophore production, and antagonistic activities. These isolates were subsequently identified through 16S rRNA gene sequencing as *Stenotrophomonas rhizophila* (EM9), *Pseudomonas putida* (EY1), *Stenotrophomonas maltophilia* (EY5), *Enterobacter* sp. (MY3), *Bacillus subtilis* (MM11), and *Pseudomonas orientalis* (MM21), as summarized in Table 5.

**Table 5.** Isolates in the antagonistic efficiency assays and their GenBank accession numbers.

Çizelge 5. Antagonistik etkinlik denemelerinde kullanılan izolatlar ve GenBank erişim numaraları.

| Species                             | Isolate code | GenBank accession number |
|-------------------------------------|--------------|--------------------------|
| <i>Stenotrophomonas rhizophila</i>  | EM9          | OP811184                 |
| <i>Pseudomonas putida</i>           | EY1          | OP811185                 |
| <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | EY5          | OP811186                 |
| <i>Enterobacter</i> sp.             | MY3          | OP811187                 |
| <i>Bacillus subtilis</i>            | MM11         | OP811188                 |
| <i>Pseudomonas orientalis</i>       | MM21         | OP811189                 |

### Climate Chamber Studies

The findings from the pot experiment clearly indicate that the endophytic bacterial isolates exhibited significant disease control efficacy when the plants were inoculated with *F. culmorum*. This efficacy was particularly notable when compared to the positive control group, which was solely inoculated with *F. culmorum* and lacked bacterial treatment. The positive control group exhibited an average disease incidence of 91.7% on the 0-5 scale, along with a disease severity of 79.1%. In contrast, when considering the mixtures of endophytic bacterial isolates with *F. culmorum*+MM21 displayed the highest disease incidence at 46.5% and a disease severity of 41.3%. On the other hand, the mixture of MY3+EY5+MM11 with *F. culmorum* showed the lowest average disease incidence at 35.0%, accompanied by a disease severity of 29.1%. In a similar vein, the combination of EY1, EM9, and MM21 yielded the second lowest average disease incidence, standing at 38.2%, while concurrently demonstrating a disease severity of 32.7% (Table 6).

**Table 6.** Efficacy of isolates against the disease.

Çizelge 6. İzolatların hastalığa etkileri.

| Application#              | Average disease incidence## | Average disease severity## |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Control –                 | 0                           | 0                          |
| Control+F.c               | 91.7 ± 0.08 <sup>a</sup>    | 79.1 ± 0.85 <sup>a</sup>   |
| MY3+EY5+MM11+F.c          | 35.0 ± 0.19 <sup>f</sup>    | 29.1 ± 1.00 <sup>f</sup>   |
| EY1+EM9+MM21+F.c          | 38.2 ± 0.21 <sup>e</sup>    | 32.7 ± 0.20 <sup>e</sup>   |
| MM21+F.c                  | 46.5 ± 0.38 <sup>b</sup>    | 41.3 ± 1.00 <sup>b</sup>   |
| MM21+MY3+EY5+F.c          | 44.4 ± 1.11 <sup>c</sup>    | 38.3 ± 1.14 <sup>c</sup>   |
| MY3+EY5+MM11+EM9+MM21+F.c | 41.1 ± 0.85 <sup>d</sup>    | 35.3 ± 0.43 <sup>d</sup>   |
| F value                   | 3627.2***                   | 1423.6***                  |

# Application: **Control** – (no pathogen, no endophytic bacteria); **F.c**: *Fusarium culmorum*; **MY3**: *Enterobacter* sp.; **EY5**: *Stenotrophomonas maltophilia*; **MM11**: *Bacillus subtilis*; **EY1**: *Pseudomonas putida*; **EM9**: *Stenotrophomonas rhizophila*; **MM21**: *Pseudomonas orientalis*.

## Mean values indicated by the same letter within the same column are not significantly different, as determined by the Tukey multiple comparison test.

\*\*\*: Significance level  $p < 0.001$ .

Among wheat seedlings that were not inoculated with *F. culmorum*, those exposed to the combination of *Enterobacter* sp., *S. maltophilia*, and *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11) exhibited the most favorable results, with a plant height of 67.7 cm, a plant fresh weight of 1.29 g, a total dry weight of 0.18 g, a root fresh weight of

**Determination of Antagonistic Activities of Endophytic Bacteria Isolated from Different Wheat Genotypes Against *Fusarium culmorum***

0.082 g, and a root dry weight of 0.014 g (Table 7). Conversely, among wheat seedlings exposed to both endophytic bacteria and *F. culmorum*, the MY3+EY5+MM11+F.c mixture demonstrated superior outcomes compared to the control, with a plant height of 59 cm, a plant fresh weight of 0.947 g, a total dry weight of 0.163 g, a root fresh weight of 0.058 g, and a root dry weight of 0.009 g (Table 7).

**Table 7.** Impact of effective isolates on selected plant parameters in the pot experiment.

Çizelge 7. Saksı denemesinde etkili bulunan izolatların bazı bitki parametrelerine etkisi.

| Application#              | BB##                   | YA##                  | TKGA##              | TK YA##               | TK KA##              |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Control                   | 59.7 <sup>bcd***</sup> | 0.975 <sup>bc</sup>   | 0.170 <sup>a</sup>  | 0.059 <sup>cd</sup>   | 0.011 <sup>abc</sup> |
| Control+F.c               | 47.0 <sup>f</sup>      | 0.190 <sup>e</sup>    | 0.087 <sup>b</sup>  | 0.020 <sup>g</sup>    | 0.006 <sup>c</sup>   |
| MY3+EY5+MM11+F.c          | 59.0 <sup>bcd</sup>    | 0.947 <sup>bc</sup>   | 0.163 <sup>a</sup>  | 0.058 <sup>cd</sup>   | 0.009 <sup>abc</sup> |
| EY1+EM9+MM21+F.c          | 55.3 <sup>cde</sup>    | 0.653 <sup>d</sup>    | 0.143 <sup>a</sup>  | 0.054 <sup>de</sup>   | 0.009 <sup>bc</sup>  |
| MM21+F.c                  | 50.0 <sup>ef</sup>     | 0.563 <sup>d</sup>    | 0.133 <sup>ab</sup> | 0.031 <sup>fg</sup>   | 0.006 <sup>c</sup>   |
| MM21+MY3+EY5+F.c          | 59.0 <sup>bcd</sup>    | 0.860 <sup>c</sup>    | 0.152 <sup>a</sup>  | 0.058 <sup>cd</sup>   | 0.009 <sup>bc</sup>  |
| MY3+EY5+MM11+EM9+MM21+F.c | 52.0 <sup>def</sup>    | 0.523 <sup>d</sup>    | 0.143 <sup>ab</sup> | 0.040 <sup>ef</sup>   | 0.009 <sup>bc</sup>  |
| MY3+EY5+MM11              | 67.7 <sup>a</sup>      | 1.287 <sup>a</sup>    | 0.177 <sup>a</sup>  | 0.082 <sup>a</sup>    | 0.014 <sup>a</sup>   |
| EY1+EM9+MM21              | 63.3 <sup>ab</sup>     | 1.250 <sup>a</sup>    | 0.173 <sup>a</sup>  | 0.075 <sup>ab</sup>   | 0.012 <sup>ab</sup>  |
| MM21                      | 60.0 <sup>abc</sup>    | 1.017 <sup>b</sup>    | 0.170 <sup>a</sup>  | 0.074 <sup>ab</sup>   | 0.010 <sup>abc</sup> |
| MM21+MY3+EY5              | 62.3 <sup>abc</sup>    | 0.970 <sup>bc</sup>   | 0.165 <sup>a</sup>  | 0.063 <sup>bcd</sup>  | 0.010 <sup>abc</sup> |
| MY3+EY5+MM11+EM9+MM21     | 62.3 <sup>abc</sup>    | 1.083 <sup>b</sup>    | 0.172 <sup>a</sup>  | 0.070 <sup>abc</sup>  | 0.010 <sup>abc</sup> |
| Mean                      | 58.1 <sup>b-d</sup>    | 0.860 <sup>c</sup>    | 0.154 <sup>a</sup>  | 0.057 <sup>cd</sup>   | 0.010 <sup>abc</sup> |
| F value                   | 14.245 <sup>***</sup>  | 122.93 <sup>***</sup> | 5.612 <sup>**</sup> | 47.915 <sup>***</sup> | 5.417 <sup>***</sup> |

# Application: Control – (no pathogen, no endophytic bacteria); F.c: *Fusarium culmorum*; MY3: *Enterobacter* sp.; EY5: *Stenotrophomonas maltophilia*; MM11: *Bacillus subtilis*; EY1: *Pseudomonas putida*; EM9: *Stenotrophomonas rhizophila*; MM21: *Pseudomonas orientalis*.

##PH: Plant height (cm); FW: Fresh weight (g plant); TDW: Total dry shoot weight (g); TRW: Total root fresh weight (g); TKW: Total dry root weight (g).

\*\*\*: Significantly different at  $p < 0.001$ . Means sharing the same letter within the same column, according to Tukey's multiple comparison test, are not significantly different.

In their 2017 study, Mnasri et al. investigated the potential of biocontrol agents against *F. culmorum* root infections in durum wheat. They found that endophytic bacteria exhibited antagonistic effects on the *in vitro* growth and sporulation of this pathogen. These bacteria, mainly belonging to the *Bacillus* genus and residing in cereal roots, demonstrated significant antagonistic activities against *F. culmorum*. Some of these antagonistic bacteria could even inhibit key aspects of *F. culmorum*'s life cycle, such as mycelial growth, conidial germination, and sporulation. This inhibition was attributed to the production of volatile antifungal compounds by these bacteria, highlighting their biocontrol potential for cereal root diseases. Importantly, the effectiveness of *F. culmorum*'s biocontrol, especially in greenhouse conditions, depended not only on the pathogen's virulence but also on the specific interactions between bacterial and fungal strains. Our research aligns with these findings, indicating that endophytic bacteria from genera such as *Stenotrophomonas*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, and *Bacillus* possess significant potential for antifungal activity in cereal root biocontrol. Moreover, our greenhouse experiments yielded results consistent with the efficacy of *F. culmorum* biocontrol observed in previous studies.

In a study by Quartana et al. (2022), the potential of five bacterial endophytic isolates derived from durum wheat seeds was investigated for their ability to inhibit *F. culmorum* growth, both *in vitro* and *in vivo*. These isolates were identified as belonging to the *Pantoea* genus (A1, F7, F15, and G1 isolates) and the *Paenibacillus* genus (isolate B). The findings revealed that the combination of F7 + F15 isolates significantly increased shoot height by 94% and improved root length by 47%, along with an 81% enhancement in the vitality index. Moreover, the combination of A1 + B isolates notably reduced *Fusarium* rot incidence by 21% and its severity by 30%. Isolate A1, when used alone, also contributed to a 15% reduction in disease incidence and a 16% reduction in disease severity. These results underscore the potential of the identified bacterial

seed endophytes as promising candidates for the sustainable management of *Fusarium* root rot in durum wheat.

In a separate investigation, *B. subtilis* strains 53 and 71, *P. fluorescens* strain biov1 32, and *Streptomyces* sp. Strain 3 were evaluated as potential biological agents for controlling *Fusarium* head blight. These bacterial antagonists demonstrated a remarkable capacity to inhibit *F. graminearum* pathogen growth, reducing its mycelial growth by 37-97% through the production of volatile metabolites. Notably, *Streptomyces* sp. Strain 3 effectively reduced disease severity after 21 days and resulted in significantly higher wheat yields compared to control groups. Furthermore, it was observed that *Streptomyces* sp. alone led to increased wheat yield compared to uninoculated controls (Nourozian et al., 2006).

Similarly, in our study, we found that endophytic bacteria exhibited significant efficacy against the *F. culmorum* pathogen in both *in vitro* and *in vivo* experiments. These bacteria demonstrated superior performance in various aspects, including plant height, fresh weight, dry weight, root fresh weight, and root dry weight, when compared to the control group.

## CONCLUSION

In this study, we explored the antagonistic activity of endophytic bacteria isolated from wheat plants in the Southeastern Anatolia Region of Turkey against *F. culmorum*, the pathogenic agent responsible for inducing root and crown rot in wheat crops. The study involved the isolation of endophytic bacteria from both the root and root crown regions of wheat plants in Mardin province. Subsequently, we conducted comprehensive assessments of the physiological and biochemical activities of these microorganisms, including enzyme assays. Furthermore, we examined their antagonistic potential against *Fusarium culmorum* under controlled laboratory conditions (*in vitro*). To gain deeper insights, we performed molecular analyses on the six most promising isolates that exhibited remarkable efficacy in laboratory settings. Subsequently, we transitioned to greenhouse conditions (*in vivo*) to evaluate the effectiveness of these bacterial strains through pot experiments. The results were particularly noteworthy for the combination of *Enterobacter* sp., *S. maltophilia*, and *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11), which demonstrated superior performance across various parameters, including plant height, fresh weight, dry weight, root fresh weight, and root dry weight. Following closely, the combination of *P. putida*, *S. rhizophila*, and *P. orientalis* (EY1+EM9+MM21) also exhibited commendable outcomes.

In summary, the remarkable efficacy of *Enterobacter* sp., *S. maltophilia*, and *B. subtilis* (MY3+EY5+MM11) endophytic bacterial strains against *F. culmorum*, a prominent wheat pathogen, underscores their potential to mitigate the economic and environmental impacts associated with pesticide and chemical fertilizer use in wheat cultivation. Future investigations will further validate this potential and explore its practical applications for commercial use.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

## DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

İG, MAK, and GÖ: Executed laboratory experiments. İG, MAK, SD, and HA collected samples and established the experimental framework. İG, SD, and GÖ: Designed the study, performed statistical analysis, and wrote the manuscript.

## ACKNOWLEDGMENT

I acknowledge the support and funding provided by Mardin Artuklu University for Project Number MAÜ.BAP.20.KMY.018.

## REFERENCES

- Akinsanmi, O. A., Mitter, V., Simpfendorfer, S., Backhouse, D., & Chakraborty, S. (2004). Identity and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from wheat fields in Queensland and northern New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 97–107. <https://doi.org/10.1071/AR03090>

**Determination of Antagonistic Activities of Endophytic Bacteria Isolated from Different Wheat Genotypes Against *Fusarium culmorum***

- Aktaş, H., Tunali, B., Bostancıoğlu, H., & Bayram, E. (1997). Reaction of some wheat varieties and lines against to root and foot rot disease agents in the field and laboratory conditions. *Journal of Turkish Phytopathology*, 26, 61–68.
- Alkan, M., Göre, M. E., Bayraktar, H., & Özer, G. (2019). Kışlık buğdaylarda kök ve kökboğazi çürüklüğüne sebep olan *Fusarium* spp. izolatları arasındaki genetik varyasyonun retrotranspozon temelli iPBS markörleri ile incelenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 250–259. <https://doi.org/10.24180/ijaws.537423>
- Alkan, M., Özer, G., İmren, M., Özdemir, F., Morgounov, A., & Dababat, A. A. (2021). First report of *Fusarium culmorum* and *Microdochium bolleyi* causing root rot on triticale in Kazakhstan. *Plant Disease*, 105(7), 2015. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-20-2659-PDN>
- Arıcı, Ş. E., Arap, Ü., & Yatağan, F. B. (2013). Isparta ve Burdur illeri buğday ekim alanlarındaki kök ve kök boğazi fungal hastalık etmenlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 26–30.
- Baker, G. C., Smith, J. J., & Cowan, D. A. (2003). Review and re-analysis of domain-specific 16S primers. *Journal of Microbiological Methods*, 55(3), 541–555. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2003.08.009>
- Berg, G., & Hallmann, J. (2006). Control of plant pathogenic fungi with bacterial endophytes. pp. 53–69. Springer-Verlag.
- Bozoğlu, T., Derviş, S., İmren, M., Amer, M., Özdemir, F., Paulitz, T.C., Morgounov, A., Dababat, A.A., & Özer, G. (2022). Fungal pathogens associated with crown and root rot of wheat in Central, Eastern, and Southeastern Kazakhstan. *Journal of Fungi*, 8(5), 417. <https://doi.org/10.3390/jof8050417>
- Brader, G., Compant, S., Mitter, B., Trognitz, F., & Sessitsch, A. (2014). Metabolic potential of endophytic bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 30–7. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.09.012>
- Cappuccino, J. C., & Sherman, N. (1992). In *Microbiology: A Laboratory Manual Third Ed.* Benjamin/ Cummings Pub. Co., New York, pp. 125–179
- Chen, C., Bauske, E. M., Musson, G., Rodríguezkabana, R., & Kloepper, J. W. (1995). Biological control of *Fusarium* wilt on cotton by use of endophytic bacteria. *Biological Control*, 5, 83–91. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1009>
- Chernin, L., & Chet, I. (2002). Microbial enzymes in the biocontrol of plant pathogens and pests. In: Burns, R. G.; Dick, R. P. ed. *Enzymes in the environment: activity, ecology and applications*. New York, Marcel Dekker. Pp 171-226.
- Cook, R. J. (2001) Management of wheat and barley root diseases in modern farming systems. *Australasian Plant Pathology*, 30, 119–126. <https://doi.org/10.1071/AP01010>
- Cook, R. J. (2010). *Fusarium* root, crown, and foot rots and associated seedling diseases. In *Compendium of Wheat Diseases and Pests*, 3rd ed.; Bockus, W. W., Bowden, R. L., Hunger, R. M., Morrill, W. L., Murray, T. D., Smiley, R. W., Eds.; APS Press: St. Paul, MN, USA, pp. 37–39.
- Demain, A. (1981). Industrial microbiology. *Science*, 214, 987–995. <https://doi.org/10.1126/science.6946560>
- Demirbağ, Z., & Demir, İ. (2005). Genel mikrobiyoloji laboratuvarı uygulama kitabı, KTÜ, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Esen Matbaacılık, Trabzon, 126s.
- Demirci, F. (2003). Bazı Buğday Çeşitlerinin önemli kök ve kök boğazi hastalık etmenleri (*Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana*)' ne karşı reaksiyonlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(4), 460–466. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000000854](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000854)
- Di Benedetto, N. A., Campaniello, D., Bevilacqua, A., Cataldi, M. P., Sinigaglia, M., Flagella, Z., & Corbo, M. R. (2019). Isolation, Screening, and Characterization of Plant-Growth-Promoting Bacteria from Durum Wheat Rhizosphere to Improve N and P Nutrient Use Efficiency. *Microorganisms*, 7(11), 541. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110541>
- Dworkin, M., & Foster, J. (1958). Experiment with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. *Journal of Bacteriology*, 75, 92–601. <https://doi.org/10.1128/jb.75.5.592-603.1958>
- Egamberdieva, D., Kamilova, F., Validov, S., Gafurova L, Kucharova Z., & Lugtenberg, B. (2008). High incidence of plant growth stimulating bacteria associated with the rhizosphere of wheat grown on salinated soil in Uzbekistan. *Environmental Microbiology*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2007.01424.x>
- Egamberdieva, D. (2005). Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: biochemical characterisation and effectiveness. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 94–99. <https://doi.org/10.1002/jpln.200321283>



- Ekmekçi, Y., & Terzioglu S. (1998). Interactive effects of vernalization, day length and light intensity on the number of leaves and flag leaf area in some wheat cultivars. *Turkish Journal of Botany*, 22, 303–312.
- Ezra, D., Hess, W. H., & Strobel G.A. (2004). New endophytic isolates of *M. albus*, a volatile antibiotic-producing fungus. *Microbiology*, 150, 4023–4031. <https://doi.org/10.1099/mic.0.27334-0>
- Frankowski, J., Lorito, M., Scala, F., Schmid, R., Berg, G., & Bahl, H. (2001). Purification and properties of two chitinolytic enzymes of *Serratia plymuthica* HRO-C48. *Archives of Microbiology*, 176, 421–426. <https://doi.org/10.1007/s002030100347>
- Gardner, J. M., Chandler, J. L., & Feldman, A. W. (1984). Growth promotion and inhibition by antibiotic producing fluorescent Pseudomonads citrus roots. *Plant and Soil*, 77, 103–113. <https://doi.org/10.1007/BF02182816>
- Goswami, R. S., & Kistler, H. C. (2004). Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular Plant Pathology*, 5(6), 515–525. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2004.00252.x>
- Gökçe, A.Y., & Kotan, R. (2016). Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)'ya karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkanlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 56, 49–75.
- Holt, G. J., Krieg, N. R., Sneath, P. H., Staley, J. T., & Williams, S. T. (1994). In: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. ninth ed. The Williams and Wilkins Pub., M. D., USA. *Growth Applied and Environmental Microbiology*, 66, 948–955.
- Jankiewicz, U., Brzezinska, M. S., & Saks, E. (2012). Identification and characterization of a chitinase of *Stenotrophomonas maltophilia*, a bacterium that is antagonistic towards fungal phytopathogens. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 113(1), 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2011.08.023>
- Jasim, B., Jimtha, John C., Mathew, J., & Radhakrishnan, E. K. (2013). Plant growth promoting potential of endophytic bacteria isolated from *Piper nigrum*. *Plant Growth Regulation*, 71, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9802-y>
- Ji, P., & Wilson, M. (2002). Assessment of the importance of similarity in carbon source utilization profiles between the biological control agent and the pathogen in biological control of bacterial speck of tomato. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 4383–4389. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.9.4383-4389.2002>
- Khan, A. L., Hussain, J., Al-Harrasi, A., Al-Rawahi, A., & Lee, I. J. (2015). Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35, 62–74. <https://doi.org/10.3109/07388551.2013.800018>
- Kloepper, J. W., Tuzun, S., & Kuc, J. A. (1992). Proposed definitions related to induced disease resistance. *Biocontrol Science and Technology*, 2, 349–351. <https://doi.org/10.1080/09583159209355251>
- Kosiak, B., Skjerve, E., Thrane, U., & Torp, M. (2003). The prevalence and distribution of *Fusarium* species in Norwegian cereals: a survey. *Acta Agriculturae Scandinavica* 53:168–176. <https://doi.org/10.1080/09064710310018118>
- Lodewyckx, C., Vangronsveld, J., Porteous, F., Moore, E. R. B., Taghavi, S., Mezgeay, M., & Van Der Lelie, D. (2002). Endophytic bacteria and their potential applications. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21, 583–606. <https://doi.org/10.1080/0735-260291044377>
- Mnasri, N., Chennaoui, C., Gargouri, S., Mhamdi, R., Hessini, K., Elkahoui, S., & Djébali, N. (2017). Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria *in vitro* and as seed coating for the control of *Fusarium culmorum* infecting durum wheat in Tunisia. *European Journal of Plant Pathology*, 147, 501–515. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1018-3>
- Nautiyal, C. S. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, 170(1), 265–270. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x>
- Nourozian, J., Etebarian, H.R., & Khodakaramian, G. (2006). Biological control of *Fusarium graminearum* on wheat by antagonistic bacteria. *Songklanakarın Journal of Science and Technology*, 28(Suppl. 1), 29–38.
- Owen, N. L., & Hundley, N. (2004). Endophytes-the chemical synthesizers inside plants. *Science Progress*, 87, 79–99. <https://doi.org/10.3184/003685004783238553>
- Özer, G., Paulitz, T. C., Imren, M., Alkan, M., Muminjanov, H., & Dababat, A. A. (2020). Identity and pathogenicity of fungi associated with crown and root rot of dryland winter wheat in Azerbaijan. *Plant Disease*, 104(8), 2149–2157. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-19-1799-RE>

**Determination of Antagonistic Activities of Endophytic Bacteria Isolated from Different Wheat Genotypes Against *Fusarium culmorum***

- Özer, G., Erper, İ., Yıldız, Ş., Bozoğlu, T., Zholdosbekova, S., Alkan, M., Tekin, F., Uulu, T. E., İmren, M., Dababat, A. A., & Derviş, S. (2023). Fungal pathogens associated with crown and root rot in wheat-growing areas of Northern Kyrgyzstan. *Journal of Fungi*, 9, 124. <https://doi.org/10.3390/jof9010124>
- Pang, F., Tao, A., Ayra-Pardo, C., Wang, T., Yu, Z., & Huang, S. (2022). Plant organ- and growth stage-diversity of endophytic bacteria with potential as biofertilizers isolated from wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biology*, 22, 276. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03615-8>
- Pleban, S., Ingel, F., & Chet, I. (1995). Control of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* by use of endophytic bacteria (*Bacillus* spp.). *European Journal of Plant Pathology*, 101, 665–672. <https://doi.org/10.1007/BF01874870>
- Quartana, C., Faddetta, T., Anello, L., Bernardo, M., Petralia, R., & Campanella, V. (2022). Activity of bacterial seed endophytes of landrace durum wheat for control of *Fusarium* foot rot. *Phytopathologia Mediterranea* 61(1), 95–106. <https://doi.org/10.36253/phyto-12993>
- Reinhold-Hurek, B., & Hurek, T. (2011). Living inside plants: bacterial endophytes. *Current Opinion in Plant Biology*, 14, 435–43. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.04.004>
- Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., & Dowling, D. N. (2008). Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiol Letters*, 278, 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00918.x>
- Schwyn, B., & Neilands, J. B. (1987). Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Analytical Biochemistry*, 160, 47–56. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(87\)90612-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(87)90612-9)
- Shikur Gebremariam, E., Sharma-Poudyal, D., & Paulitz, T. C. (2018). Identity and pathogenicity of *Fusarium* species associated with crown rot on wheat (*Triticum* spp.) in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 150, 387–399. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1285-7>
- Shi, Y., Lou, K., & Li, C. (2009). Promotion of plant growth by phytohormone-producing endophytic microbes of sugar beet. *Biology and Fertility of Soils*, 45, 645–653. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0376-9>
- Singh, P. P., Shin, Y. C., Park, C. S., & Chung, Y. R. (1999). Biological control of *Fusarium* wilt of cucumber by chitinolytic bacteria. *Phytopathology*, 89, 92–99. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.1.92>
- Soylu, S., Sülü, S. M., & Bozkurt, İ. A. (2016). Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 103–111. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkuzfd/issue/24548/260030>
- TURKSTAT (2023). Turkish Statistical Institute, Agricultural Statistics, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. [Access date: 27.04.2023].
- Tunalı, B., Nicol, J. M., Hadson, D., Uçkun, Z., Büyük, Z. O., Erdurmuş, D., Hekimhan, H., Aktaş, M.A., Akbudak, M.A., & Bağcı, S. A. (2008). Root and crown rot fungi associated with spring, facultative, and winter wheat in Turkey. *Plant Disease*, 92:1299–1306. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-9-1299>
- Türkölmez, Ş., Özer, G., & Derviş, S. (2023). *Clonostachys rosea* Strain ST1140: An endophytic plant-growth-promoting fungus, and its potential use in seedbeds with wheat-grain substrate. *Current Microbiology*, 80(1), 36. <https://doi.org/10.1007/s00284-022-03146-3>
- Wagacha, J. M., & Muthomi, J. W. (2007). *Fusarium culmorum*: infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*, 26:877–885. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.09.003>
- Wakelin, S., Warren, R., Harvey, P., & Ryder, M. (2004). Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. closely associated with wheat roots. *Biology and Fertility of Soils*, 40, 36–43. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0750-6>
- Wallwork, H., Butt, M., Cheong, J. P. E., & Williams, K. J. (2004). Resistance to crown rot in wheat identified through an improved method for screening adult plants. *Australian Plant Pathology Society*, 33, 1–7. <https://doi.org/10.1071/AP03073>
- Wang, H., Hwang, S. F., Eudes, F., Chang, K. F., Howard, R. J., & Turnbull, G. D. (2006). Trichothecenes and aggressiveness of *Fusarium graminearum* causing seedling blight and root rot in cereals. *Plant Pathology*, 55:224–230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01339.x>
- Watanabe, I., Barraquero, W. L., & Guzman, M. R. (1979). Nitrogen-fixing (acetylene reduction) activity and population of aerobic heterotrophic nitrogen-fixing bacteria associated with wetland rice. *Applied and Environmental Microbiology*, 37, 813–815. <https://doi.org/10.1128/aem.37.5.813-819.1979>

- Wildermuth, G. B., & McNamara, R. B. (1994). Testing Wheat Seedlings For Resistance to Crown Rot Caused by *Fusarium graminearum* Group 1. *Plant Disease*, 78:949–953. <https://doi.org/10.1094/PD-78-0949>
- Xu, F., Yang, G., Wang, J., Song, Y., Liu, L., Zhao, K., Li, Y., & Han, Z. (2018). Spatial distribution of root and crown rot fungi associated with winter wheat in the North China Plain and its relationship with climate variables. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1054. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01054>
- Zvyagintsev, D. G. (1991). *Methods for Soil Microbiology and Biochemistry*. Moscow State University, Moscow. (303 p.) (In Russian).



## The Effects of Propylene oxide Fumigation on the Mortality of *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)\*

Propilen Oksit Fumigasyonunun *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) Ölümleri Üzerine Etkileri

Yeter Küçüktopçu<sup>1</sup> ID, Ali Arda Işıkber<sup>2</sup> ID

Geliş Tarihi (Received): 23.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 6.03.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Abstract:** This study was carried out in 2014-2015 at Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Entomology Laboratory. This study aims to evaluate the viability of propylene oxide (PPO) as an alternative fumigant to methyl bromide (MeBr) for the efficient control of *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) and to model the mortality rates of *P. interpunctella* insects using different regression techniques. The biological effectiveness of PPO was assessed across all life stages of *P. interpunctella* during a brief exposure period (4 hours) under three conditions: normal atmospheric pressure (PPO alone), low pressure (PPO+Vacuum), and an atmosphere enriched with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) (PPO+CO<sub>2</sub>). For all PPO treatments, PPO was directly introduced into the fumigation chamber at seven or more concentrations using different micro-syringes of different volume ranges: 2.5-25 µl l<sup>-1</sup>, 1.5-45 µl l<sup>-1</sup>, 1.5-30 µl l<sup>-1</sup>, and 0.5-15 µl l<sup>-1</sup> for eggs, larvae, pupae, and adults, respectively. The results indicate that 100% mortality was observed in eggs at concentrations of 25 µl l<sup>-1</sup>, 20 µl l<sup>-1</sup> and 20 µl l<sup>-1</sup>; in larvae at concentrations of 45 µl l<sup>-1</sup>, 30 µl l<sup>-1</sup> and 40 µl l<sup>-1</sup>; in pupae at concentrations of 30 µl l<sup>-1</sup>, 15 µl l<sup>-1</sup> and 25 µl l<sup>-1</sup>; and in adults at concentrations of 15 µl l<sup>-1</sup>, 10 µl l<sup>-1</sup> and 10 µl l<sup>-1</sup> for the PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> treatments, respectively. The results obtained from the developed regression models for insect mortality reveal that these models generally exhibited a better fit when described by exponential and third-order polynomial functions. In summary, this study indicates that PPO treatments hold significant promise for rapid insect control, particularly in the case of the Indian meal moth, rendering them invaluable for quarantine purposes.

**Keywords:** Indian meal moth, dried figs, fumigant, modelling, mortality

&

**Öz:** Bu çalışma 2014-2015 yıllarında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)'nin etkin kontrolü için metil bromüre (MeBr) alternatif bir fumigant olarak propilen oksidin (PPO) uygulanabilirliğini değerlendirmek ve farklı regresyon teknikleri kullanarak *P. interpunctella* böceklerinin ölüm oranlarını modellemektir. Yapılan çalışmada; PPO'nun biyolojik etkinliği, kısa maruz kalma süresi (4 saat) altında üç farklı koşulda test edilmiştir: normal atmosferik basınçta (yalnızca PPO), düşük basınçta (PPO+vakum) ve karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ile zenginleştirilmiş bir atmosferde (PPO+CO<sub>2</sub>). PPO'ya yönelik tüm uygulamalarda, PPO; farklı hacim aralıklarına sahip farklı mikro şırıngalar kullanılarak yedi veya daha fazla konsantrasyonda doğrudan fumigasyon çemberine uygulanmıştır: sırasıyla yumurtalar için 2.5-25 µl l<sup>-1</sup>, larvalar için 1.5-45 µl l<sup>-1</sup>, pupalar için 1.5-30 µl l<sup>-1</sup> ve erginler için 0.5-15 µl l<sup>-1</sup>. Elde edilen sonuçlar, tek başına PPO, PPO+vakum ve PPO+CO<sub>2</sub> uygulamalarının sırasıyla yumurtalarda 25 µl l<sup>-1</sup>, 20 µl l<sup>-1</sup> ve 20 µl l<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında; larvalarda 45 µl l<sup>-1</sup>, 30 µl l<sup>-1</sup> ve 40 µl l<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında; pupalarda 30 µl l<sup>-1</sup>, 15 µl l<sup>-1</sup> ve 25 µl l<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında; ve erginlerde 15 µl l<sup>-1</sup>, 10 µl l<sup>-1</sup> ve 10 µl l<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında %100 ölüm sağladığını göstermektedir. Böcek ölümleri için geliştirilen regresyon modelleri, genellikle üstel ve üçüncü dereceden polinom fonksiyonlarıyla tanımlandığında daha iyi bir uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özetle, yapılan bu çalışma PPO uygulamalarının hızlı böcek kontrolünde özellikle Kuru meyve güvesinde umut vadeden bir potansiyel olduğunu ve karantina amaçları için büyük öneme sahip olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fumigant, kuru incir, kuru meyve güvesi, modelleme, ölüm oranı

**Atıf/Cite as :** Küçüktopçu, Y., & Işıkber, A. A. (2024). The Effects of Propylene oxide Fumigation on the Mortality of *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 117-131. doi: 10.24180/ijaws.1393400

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup>Dr. Yeter Küçüktopçu, Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, ybilgili46@gmail.com (Corresponding author)

<sup>2</sup>Prof. Dr. Ali Arda Işıkber, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, isikber@ksu.edu.tr

\*This study contains data from the master's thesis.

## INTRODUCTION

The Indian meal moth, scientifically known as *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae), is a highly destructive pest and poses a significant threat to stored products on a global scale (Mohandass et al., 2007; Nansen and Phillips, 2004; Razazzian et al., 2015). The larvae of *P. interpunctella* feed on the fruit reduce fruit quality and display a distinctive behavior by constructing a continuous silken web, both internally within the infested food and on its surface. Within this intricate web, they actively feed on the stored food, leading to the creation of an unsightly and unsanitary environment. The web itself serves as a habitat for the larvae, offering protection as well as a means for facilitating their feeding activities. This silk-encased environment is not only aesthetically unappealing but also contributes to the degradation of the infested produce. The infestation is further compounded by the inclusion of larval excreta and cast skins within the web, contributing to its undesirable characteristics (Tripathi, 2018). Additionally, the accumulation of these materials may contribute to an undesirable odor, further emphasizing the detrimental impact of *P. interpunctella* infestations on stored products. Infestation with of *P. interpunctella* may result in direct losses of infested produce. In addition, the economic impact extends to indirect costs, including expenses for pest control measures, reduced product quality, and customer losses (Phillips et al., 2000).

Fumigants play a crucial role in pest control within stored products, encompassing large commodities, packaged materials, and various structures (Rajendran and Sriranjini, 2008); hence, methyl bromide (MeBr) finds extensive application as a fumigant (Bell, 2000). Nevertheless, its categorization as an ozone-depleting substance took place in 1992, falling under the regulations of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (Delpage, 2020). Consequently, developed countries began phasing out the use of MeBr in 2005, while developing countries completed their phase-out by 2015 (Gareau, 2010). The phase-out of MeBr could significantly negatively impact global agriculture, primarily because there are no readily available alternatives that can rapidly disinfect commodities. This circumstance emphasizes the pressing requirement for the development of novel fumigants specifically designed for quarantine purposes, aiming to guarantee swift and comprehensive control measures.

Therefore, efforts have been made worldwide to find suitable substitutes for postharvest commodity treatments. Alternative fumigants have been explored, with options such as ethyl formate (Park et al., 2021), carbon disulfide (Wright, 2003), nitric oxide (Liu et al., 2021), and sulfuryl fluoride (Zettler et al., 1998) being considered. However, it's important to note that these alternatives come with various drawbacks and limitations (Fields and White, 2002; Rajendran, 2001). For example; carbon disulfide, has been shown to be highly toxic to crops or nurseries and has not been approved in many countries due to possible toxic residues (Fields and White, 2002). Ethyl formate has been identified as an explosive, flammable and corrosive substance (Bond and Monro, 1984), and has been found to produce carcinogenic compounds when used on food (Wesley et al., 1965). Sulfuryl fluoride is chemically very promising, but cannot be used on food due to the established tolerances for food residues (Fields and White, 2002).

Propylene oxide (PPO) stands as a liquid fumigant acknowledged for its safety in the context of food sterilization. With a boiling point of 35°C, it emits an ether-like odor under normal temperature and pressure conditions (Navarro and Navarro, 2016). PPO is known for its efficacy in reducing microflora and microfauna, making it effective in sterilizing food products (Maille et al., 2023). One of the reasons PPO is considered safe for food sterilization (Dhulipalla et al., 2023) is its rapid conversion to non-toxic propylene glycols, both in the soil and the human stomach. This minimizes any potential harm to the environment and human health.

Compared to MeBr, PPO presents reduced environmental risks and does not contribute to ozone depletion, making it a more environmentally friendly fumigant (Meylan et al., 1986). The use of PPO as a food sterilant dates to 1958, and since then, it has gained popularity in fumigation studies for its effectiveness against stored-product insects. Studies have shown that PPO can successfully eliminate eggs and larvae of various

stored-product insect pests, making it a valuable tool for pest control (Isikber et al., 2017; Myers et al., 2021; Navarro et al., 2004).

The use of PPO as a fumigant comes with the disadvantage of flammability, as it can ignite when its concentration in the air falls within the range of 3% to 37% (Navarro et al., 2004). To minimize the risk of combustion, it is advisable to apply PPO under low-pressure (LP) conditions or in an atmosphere enriched with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). The combination of PPO with low pressure (PPO+Vacuum) or carbon dioxide (PPO+CO<sub>2</sub>) demonstrates potential as an alternative to MeBr. Previous research has established that PPO displays outstanding insecticidal properties in vacuum conditions, efficiently eliminating all life stages of diverse stored-product insects within an exceptionally brief exposure time of 4 hours (Creasy and Hartsell, 1999; Isikber et al., 2006; Navarro et al., 2004; Zettler et al., 2003). In their studies, Isikber et al. (2006) and Navarro et al. (2004) conducted a comparative analysis to assess the efficacy of PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub>. Their objective was to ascertain the required dosages essential for achieving significant mortalities across all life stages of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae), a stored-product insect species. This investigation was conducted within a concise exposure time of 4 hours. Their research findings demonstrated a synergistic effect on the toxicity of PPO to *T. castaneum* when combined with vacuum (PPO+Vacuum) and carbon dioxide (PPO+CO<sub>2</sub>). Based on these published results, it is suggested that PPO warrants further evaluation as a potential substitute for MeBr, especially in specific commodities and under certain conditions. Numerous reports on insect toxicity consistently highlight the potential of PPO as a viable alternative to MeBr in particular postharvest scenarios (Creasy and Hartsell, 1999; Isikber et al., 2006; Navarro et al., 2004; Zettler et al., 2003). These insect toxicity studies establish an initial database supporting the idea that PPO could effectively replace MeBr in various post-harvest situations.

To date, no comprehensive studies have been conducted on the interaction between various doses of PPO applications and their effects on mortality rates at different life stages of *P. interpunctella*. Thus, given the lack of fundamental knowledge about the relationship between PPO applications and insect mortality, there is an urgent need to investigate whether regression models can serve as valuable tools for modeling insect mortality. Regression techniques are a fundamental set of statistical methods used in data analysis to model the relation between a dependent variable and one or more independent variables (Nunez et al., 2011). These techniques are widely employed in various fields, including economics (Busu and Trica, 2019), finance (Zhao et al., 2018), healthcare (Buselli et al., 2020), and engineering (Cemek et al., 2020), to make predictions and understand the underlying patterns in data. Nevertheless, it is noteworthy that a significant gap exists in the field of entomology, particularly concerning the utilization of regression techniques to model insect mortality.

Based on the above, the objectives of the study are twofold: (1) To investigate the potential of PPO as an alternative fumigant to MeBr for the rapid control of *P. interpunctella* and (2) To model the mortality rates of *P. interpunctella* using different regression techniques.

## MATERIAL AND METHOD

This study was carried out in 2014-2015 at Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Entomology Laboratory.

### *Cultivation of Insect Culture Used in Biological Tests*

The nutrient mixture used for the cultivation of *P. interpunctella* consists of wheat bran (2 kg), corn flour (350 g), glucose syrup (400-500 mL), glycerol (350-400 mL), and inactive yeast (20-25 g). The wheat bran and corn flour were subjected to a protective measure against insect infestation by placing them in a freezer at -20°C for 3-4 days. First, the ingredients were carefully mixed by hand according to the specified proportions and then processed in a mixer. To obtain the adult eggs of *P. interpunctella*, the adults were transferred from vacuum-sealed culture vessels to a 3-liter glass container. The opening of the container was covered with a net and the container with the adult eggs was left in an air-conditioned environment for 24 hours. A net, allowing only the eggs to pass through, was then attached to the opening of the container, which was then inverted to facilitate the deposition of the eggs on a paper surface. The collected

eggs were then placed in 3-liter jars, each containing 350-400 grams of food, with the openings of the jars covered with a net to facilitate air circulation. The culture jars were then kept in a dark incubator at a constant temperature of  $30\pm 1^\circ\text{C}$  and a relative humidity of  $65\pm 5\%$ , with insect growth monitored daily. These procedures were strictly maintained throughout the research period to ensure the continuity of the cultures (Küçüktopcu, 2023).

#### *Fumigant and Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Gas*

The fumigant PPO was acquired from SERVA Electrophoresis GmbH (Heidelberg, Germany) with a purity of  $>99\%$  (CAS No. 75569, Cat. No. 33715). Subsequently, the PPO was transferred to a 100 ml glass bottle and securely sealed with a septum. During the treatment phase, the predetermined amount of PPO was drawn up from the glass bottle using a gas-tight micro syringe (Hamilton, Switzerland).

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) employed in the biological experiments was sourced by Linde Gas Company (Ankara, Türkiye) in a pressurized steel cylinder with a purity of 99%.

#### *Fumigation Chamber*

The fumigation chamber consists of 3-L glass jars with metal lids, each with a metal tube that has an inlet and an outlet. Two flexible silicone tubes, each 5 cm long and 0.62 cm in diameter, were placed over the inlet and outlet metal tubes. These silicone tubes were securely fastened with metal clamps to create a gas-tight environment. To ensure no gas escapes, silicone is carefully applied around the edges of the metal lids before they are sealed. This gas-tight system allows the safe use of vacuum and PPO without any leakage.

#### *Biological Tests*

In all PPO treatments, 20 adults (1-2 days old), 20 pupae (1-2 days old), 20 late larvae (28-32 days old), and 50 eggs (1-2 days old) of *P. interpunctella* were used. To accommodate these stages, each developmental group was carefully placed in separate 50 ml glass vials. Sun-dried Sarılop (Calimyrna) (*Ficus carica* L.) dried fig varieties with a moisture content of  $21\pm 1\%$  were used for the biological tests. This food medium was added to the vials to meet the larvae's dietary needs, filling approximately 1/3 of their volume (equivalent to 10 g for 50 ml vials).

In order to ease the introduction of PPO gas and to ensure the containment of insects, the vial openings were covered with a fine muslin mesh and tightly secured with plastic rubber. These prepared insect vials were then positioned within 3-L glass jars, each equipped with a metal lid, forming a sealed fumigation chamber. This arrangement ensured a gas-tight environment for both the test insect and the PPO gas.

For the application of PPO under a LP condition, a vacuum pump (KNF N026 1.2.AN 18 Diaphragm Vacuum Pump) was employed to evacuate the air from the 3-liter fumigation chamber, leading to a reduced pressure of 100 mm Hg. To precisely monitor the LP within the chamber, a Celesco vacuum gauge (SE-2000) was employed. Once the desired pressure was achieved, PPO was introduced into the chamber using a gas-tight micro-syringe (Hamilton Company, Bonaduz, Switzerland).

To conduct PPO treatment under a CO<sub>2</sub> atmosphere, the fumigation chamber's pressure was lowered to 60.8 mm Hg and then reestablished to normal atmospheric pressure by introducing CO<sub>2</sub> gas. The CO<sub>2</sub> concentration was accurately gauged using a CO<sub>2</sub> O<sub>2</sub>-1 measurement device (CheckPoint, PBI-Dansensor, Denmark). Once the desired CO<sub>2</sub> level of 92% was attained, PPO was added to the fumigation chamber using a microsyringe.

For all PPO treatments, PPO was directly introduced into the fumigation chamber at seven or more concentrations using different micro-syringes of different volume ranges: 2.5-25  $\mu\text{l l}^{-1}$ , 1.5-45  $\mu\text{l l}^{-1}$ , 1.5-30  $\mu\text{l l}^{-1}$ , and 0.5-15  $\mu\text{l l}^{-1}$  for eggs, larvae, pupae, and adults, respectively.

After completing the biological tests, the fumigation chamber lids were promptly closed, and the chambers were placed within a dark climate chamber for 4 hours, maintaining a temperature of  $26\pm 1^\circ\text{C}$  and a relative

humidity of 65±5%. To ensure the validity of the results, each PPO treatment was replicated four times, and four control groups were included for each treatment condition.

### Regression Techniques

Regression techniques involve establishing a mathematical relationship between measurements of two variables, typically denoted as 'y' and 'x.' This relationship is designed to enable the prediction of the value of one variable, 'y', based on measurements of the other variable, 'x.' When assessing the appropriateness of measured data for the application of regression techniques, creating a graphical representation of the data is recommended. This approach is often the most effective way to identify data characteristics that might render them unsuitable for regression analysis. Plotting the data on a graph can visually inspect whether data points exhibit anomalies or errors. Such anomalies may suggest the influence of human error or instrument malfunction on these specific data points. In such cases, it is advisable to investigate and verify the accuracy of these data points before proceeding with regression analysis.

If a linear relation exists between the variables, it can be expressed as:

$$y = ax + b \quad (1)$$

In cases where the relation between two variables, 'y' and 'x', is not initially linear but follows a power-law relation such as  $y = ax^c$ , it is possible to transform the data to create a linear relation. By taking the logarithm of both sides of the equation, a linear relation can be derived as follows:

$$\log(y) = \log(a) + c \log(x) \quad (2)$$

Any quadratic and higher-order relations between one variable,  $y$ , and another variable,  $x$ , can be expressed using a power series in the following form:

$$y = ax + bx^2 + cbx^3 + \dots + dx^p \quad (3)$$

When the appropriate form of the relation between variables in measurement data sets is not readily discernible through visual inspection or grounded in established physical laws, a practical approach involves employing a trial-and-error method. This approach entails iteratively testing various functional forms or equations that may potentially elucidate the connection between the variables 'y' and 'x.'

## RESULTS

### PPO Applications and Their Effects on Mortality

As a result of a two-way analysis of variance, it was determined that both the PPO treatments and the biological stages of *P. interpunctella* had a statistically significant impact on mortality rates ( $F_{3,569}=213.29$ ,  $P=0.0000$  for PPO treatments;  $F_{3,569}=3.23$ ,  $P=0.0022$  for biological stages). Significant differences were observed in mortality rates among the biological stages of *P. interpunctella* when exposed to varying concentrations of PPO ( $F_{3,108}=49.73$ ;  $P=0.000$  for eggs;  $F_{3,172}=48.43$ ;  $P=0.000$  for larvae;  $F_{3,140}=59.59$ ;  $P=0.000$  for pupae; and  $F_{3,140}=68.61$ ;  $P=0.000$  for adults). Table 1 presents the average mortality rates of all life stages of *P. interpunctella* for PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> treatments over 4 hours. The percentage mortality data for *P. interpunctella* eggs, larvae, pupae, and adults after exposure to PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> treatments for 4 hours are presented in Table 2-5, respectively.

Focusing solely on the comparison between the three different treatments and ignoring the differences in the biological stages of *P. interpunctella*, we found an average mortality rate of 56.63% for the PPO treatment alone, 74.92% for the PPO+Vacuum treatment and 70.59% for the PPO+CO<sub>2</sub> treatment. While there were no statistical differences between the mean mortality rates of *P. interpunctella* exposed to the PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> combination, both combinations had statistically significantly higher mean mortality rates than the PPO treatment alone. In addition, all PPO treatments showed statistically significant differences compared to the control group ( $F_{3,140}=63.00$ ;  $P=0.000$ ) (Table 1).



**Table 1.** Average percentage mortality rates of all life stages of *Plodia interpunctella* exposed to different PPO application for 4 hours.Çizelge 1. Farklı PPO uygulamalarına 4 saat boyunca maruz kalan *Plodia interpunctella*'nin tüm yaşam evrelerinin ortalama yüzde ölüm oranları.

| Applications        | N    | Average Mortality (%) ± SE | F and P Value                      |
|---------------------|------|----------------------------|------------------------------------|
| PPO                 | 3720 | 56.63±5.23 B*              | F <sub>3,140</sub> =2.30; P=0.080  |
| PPO+Vacuum          | 3720 | 74.92±4.39 A               | F <sub>3,140</sub> =1.46; P=0.228  |
| PPO+CO <sub>2</sub> | 3720 | 70.59±4.55 A               | F <sub>3,140</sub> =1.27; P=0.286  |
| Control             | 3720 | 8.47±0.47 C                | F <sub>3,140</sub> =63.00; P=0.000 |

\*Differences between means were analyzed by the Tukey test at a 5% significance level. Different capital letters in the same column are statistically different from each other.

**Table 2.** Average mortality rates (%) *Plodia interpunctella* eggs were exposed to various concentrations of PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> for 4 hours.Çizelge 2. Tek başına PPO, PPO+Vakum ve PPO+CO<sub>2</sub>'nin çeşitli konsantrasyonlarına 4 saat boyunca maruz bırakılan *Plodia interpunctella* yumurtalarının ortalama ölüm oranları (%).

| PPO Concentration (µl l <sup>-1</sup> ) | Mortality (%) ± SE                   |                                      |                                      |                                    | F and P value   | Average mortality (%) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|
|   | PPO                                  | PPO+Vacuum                           | PPO+CO <sub>2</sub>                  | Control                            |   |                       |
| 2.5                                     | 10.50±1.26<br>Gc*                    | 34.50±0.96<br>Fb*                    | 39.00±0.58<br>Fa*                    | 5.00±0.58<br>Bd*                   | F <sub>3,12</sub> =364.74<br>P=0.000  | 22.25±3.82<br>D*      |
| 5                                       | 28.00±0.82<br>Fb                     | 45.50±0.96<br>Ea                     | 49.50±0.50<br>Ea                     | 6.00±1.42<br>ABc                   | F <sub>3,12</sub> =410.52<br>P=0.000  | 32.25±4.46<br>CD      |
| 7.5                                     | 34.50±0.96<br>Eb                     | 61.00±1.29<br>Da                     | 63.50±1.71<br>Da                     | 10.50±0.50<br>Ac                   | F <sub>3,12</sub> =433.90<br>P=0.000  | 42.38±5.61<br>BCD     |
| 10                                      | 57.50±1.50<br>Db                     | 71.00±1.29<br>Ca                     | 73.00±1.00<br>Ca                     | 10.50±1.26<br>Ac                   | F <sub>3,12</sub> =523.18<br>P=0.000  | 53.00±6.55<br>ABCD    |
| 15                                      | 69.00±1.29<br>Cc                     | 95.00±0.58<br>Ba                     | 87.50±0.96<br>Bb                     | 5.00±0.58<br>Bc                    | F <sub>3,12</sub> =2059.15<br>P=0.000   | 64.13±9.16<br>ABC     |
| 20                                      | 89.00±1.29<br>Bb                     | 100.00±0.00<br>Aa                    | 100.00±0.00<br>Aa                    | 6.00±1.42<br>ABc                   | F <sub>3,12</sub> =2254.82<br>P=0.000   | 73.80±10.18<br>AB     |
| 25                                      | 100.00±0.00<br>Aa                    | 100.00±0.00<br>Aa                    | 100.00±0.00<br>Aa                    | 10.50±0.50<br>Ab                   | F <sub>3,12</sub> =32041.00<br>P=0.000  | 77.62±10.00<br>A      |
| <b>F and P value</b>                    | F <sub>6,21</sub> =868.13<br>P=0.000 | F <sub>6,21</sub> =917.68<br>P=0.000 | F <sub>6,21</sub> =746.62<br>P=0.000 | F <sub>6,21</sub> =7.58<br>P=0.000 | For applications: F <sub>3,108</sub> =49.73, P=0.000<br>For dosage periods: F <sub>6,105</sub> =7.79, P=0.000 |                       |
| <b>Average mortality (%)</b>            | 55.50±5.88<br>b*                     | 72.43±4.79<br>a                      | 73.21±4.29<br>a                      | 7.64±0.58<br>c                     | For applications* dosage periods<br>F <sub>18,84</sub> =221.80, P=0.000                                       |                       |

\*One-way ANOVA was applied to mortality data for PPO concentrations in each column and PPO treatments in each row. Means within a row with the same lowercase letter and within a column with the same uppercase letter were not significantly different (Tukey's HSD test at the 5% level).

A PPO concentration of 25 µl l<sup>-1</sup> resulted in 100% mortality of *P. interpunctella* eggs when exposed to PPO alone, while a PPO concentration of 20 µl l<sup>-1</sup> was effective for both PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub>. Focusing only on the comparison between the three different treatments, ignoring PPO concentrations, no statistically significant difference in toxicity was observed between PPO+vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> treatments against the egg stage of *P. interpunctella*. Thus, it was determined that the PPO+vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> were the most effective PPO treatments tested for mortality of the egg stage (Table 2).

**Table 3.** Average mortality rates (%) of *Plodia interpunctella* larvae exposed to various concentrations of PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> for 4 hours.

Çizelge 3. Tek başına PPO, PPO+vakum ve PPO+CO<sub>2</sub>'nin çeşitli konsantrasyonlarına 4 saat boyunca maruz kalan *Plodia interpunctella* larvalarının ortalama ölüm oranları (%).

| PPO Concentration (µl l <sup>-1</sup> ) | Mortality (%) ± SE                    |                                       |                                       |                                     | F and P value  | Average mortality (%)   |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------|
|   | PPO                                   | PPO+Vacuum                            | PPO+CO <sub>2</sub>                   | Control                             |  |                         |
| 1.5                                     | 3.75±1.25<br><b>Ib*</b>               | 15.00±2.04<br><b>Ha*</b>              | 7.50±1.45<br><b>Ib*</b>               | 5.00±2.04<br><b>Ab*</b>             | F <sub>3,12</sub> =8.48<br>P=0.003   | 7.81±1.37<br><b>F*</b>  |
| 2.5                                     | 13.75±1.25<br><b>Hb</b>               | 27.50±1.45<br><b>Ga</b>               | 23.75±1.25<br><b>Ha</b>               | 6.25±1.25<br><b>Ac</b>              | F <sub>3,12</sub> =55.00<br>P=0.000  | 17.81±2.24<br><b>EF</b> |
| 5                                       | 23.75±1.25<br><b>Gb</b>               | 37.50±1.45<br><b>Fa</b>               | 32.50±1.45<br><b>Ga</b>               | 6.25±2.40<br><b>Ac</b>              | F <sub>3,12</sub> =65.82<br>P=0.000  | 25.00±3.16<br><b>E</b>  |
| 7.5                                     | 33.75±1.25<br><b>Fc</b>               | 52.50±1.45<br><b>Ea</b>               | 42.50±1.45<br><b>Fb</b>               | 5.00±2.04<br><b>Ad</b>              | F <sub>3,12</sub> =169.00<br>P=0.000   | 33.43±4.63<br><b>DE</b> |
| 10                                      | 50.00±2.04<br><b>Eb</b>               | 63.75±2.40<br><b>Da</b>               | 57.50±1.45<br><b>Eab</b>              | 6.25±1.25<br><b>Ac</b>              | F <sub>3,12</sub> =200.05<br>P=0.000   | 44.37±5.88<br><b>CD</b> |
| 15                                      | 65.50±0.00<br><b>Db</b>               | 73.75±1.25<br><b>Ca</b>               | 68.75±1.25<br><b>Dab</b>              | 6.25±2.40<br><b>Ac</b>              | F <sub>3,12</sub> =452.88<br>P=0.000   | 53.43±7.11<br><b>BC</b> |
| 20                                      | 76.25±1.25<br><b>Cb</b>               | 88.75±1.25<br><b>Ba</b>               | 82.50±1.45<br><b>Cab</b>              | 5.00±2.04<br><b>Ac</b>              | F <sub>3,12</sub> =651.78<br>P=0.000   | 63.12±8.77<br><b>AB</b> |
| 25                                      | 81.25±1.25<br><b>Cc</b>               | 98.75±1.25<br><b>Aa</b>               | 88.75±1.25<br><b>Bb</b>               | 6.25±1.25<br><b>Ad</b>              | F <sub>3,12</sub> =1144.00<br>P=0.000  | 68.75±9.47<br><b>AB</b> |
| 30                                      | 87.50±1.45<br><b>Bb</b>               | 100.00±0.00<br><b>Aa</b>              | 97.50±1.45<br><b>Aa</b>               | 5.00±0.00<br><b>Ac</b>              | F <sub>3,12</sub> =1972.00<br>P=0.000  | 72.50±10.15<br><b>A</b> |
| 40                                      | 97.50±1.45<br><b>Aa</b>               | 100.00±0.00<br><b>Aa</b>              | 100.00±0.00<br><b>Aa</b>              | 6.25±1.25<br><b>Ab</b>              | F <sub>3,12</sub> =2369.57<br>P=0.000  | 75.93±10.40<br><b>A</b> |
| 45                                      | 100.00±0.00<br><b>Aa</b>              | 100.00±0.00<br><b>Aa</b>              | 100.00±0.00<br><b>Aa</b>              | 6.25±1.25<br><b>Ab</b>              | F <sub>3,12</sub> =5625.00<br>P=0.000  | 76.56±10.48<br><b>A</b> |
| <b>F and P value</b>                    | F <sub>10,33</sub> =735.51<br>P=0.000 | F <sub>10,33</sub> =533.85<br>P=0.000 | F <sub>10,33</sub> =704.00<br>P=0.000 | F <sub>10,33</sub> =0.14<br>P=0.999 | For applications: F <sub>3,172</sub> =48.43, P=0.000<br>For dosage periods: F <sub>10,165</sub> =11.08, P=0.000<br>For applications*dosage periods<br>F <sub>30,132</sub> =139.68, P=0.000 |                         |
| <b>Average mortality (%)</b>            | 57.50±5.01<br><b>b*</b>               | 68.86±4.64<br><b>a</b>                | 63.75±4.83<br><b>ab</b>               | 5.79±0.46<br><b>c</b>               |  |                         |

\*One-way ANOVA was applied to mortality data for PPO concentrations in each column and PPO treatments in each row. Means within a row with the same lowercase letter and within a column with the same uppercase letter were not significantly different (Tukey's HSD test at the 5% level).

A PPO concentration of 45 µl l<sup>-1</sup> was necessary to achieve 100% mortality of *P. interpunctella* larvae when exposed to PPO alone, while PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> required 30 µl l<sup>-1</sup> and 40 µl l<sup>-1</sup> PPO concentrations, respectively. The percentage mortality data showed that the most toxic treatment for the larvae was the PPO+vacuum, followed by the PPO+CO<sub>2</sub> and PPO alone (Table 3).

When exposed to PPO alone, a concentration of 30 µl l<sup>-1</sup> was needed to achieve 100% mortality of *P. interpunctella* pupae. In contrast, PPO+ Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> treatments required lower concentrations of 15 µl l<sup>-1</sup> and 25 µl l<sup>-1</sup> PPO, respectively, to achieve similar results. The percentage mortality data analysis revealed that the most toxic treatment for pupae was the PPO+Vacuum treatment, followed by the PPO+CO<sub>2</sub>, and finally, PPO alone (Table 4).

**Table 4.** Average mortality rates (%) of *Plodia interpunctella* pupae exposed to various concentrations of PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> for 4 hours.Çizelge 4. Tek başına PPO, PPO+Vakum ve PPO+CO<sub>2</sub>'nin çeşitli konsantrasyonlarına 4 saat boyunca maruz bırakılan *Plodia interpunctella* pupalarının ortalama ölüm oranları (%).

| PPO<br>Concentration<br>( $\mu\text{l l}^{-1}$ ) | Mortality (%) $\pm$ SE               |                                      |                                      |                                    | F and P value   | Average mortality<br>(%) |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|--------------------------|
|  | PPO                                  | PPO+Vacuum                           | PPO+CO <sub>2</sub>                  | Control                            |   |                          |
| 1.5  | 17.50 $\pm$ 1.45<br>Hb*              | 27.50 $\pm$ 1.45<br>Fa*              | 21.25 $\pm$ 1.25<br>Gb*              | 11.25 $\pm$ 1.25<br>Ac*            | F <sub>3,12</sub> =25.43<br>P=0.000   | 19.37 $\pm$ 1.64<br>F*   |
| 2.5  | 32.50 $\pm$ 1.45<br>Gc               | 47.50 $\pm$ 1.45<br>Ea               | 38.75 $\pm$ 1.25<br>Fb               | 15.00 $\pm$ 0.00<br>Ad             | F <sub>3,12</sub> =131.91<br>P=0.000  | 33.43 $\pm$ 3.12<br>E    |
| 5  | 48.75 $\pm$ 1.25<br>Fc               | 66.25 $\pm$ 1.25<br>Da               | 57.50 $\pm$ 1.45<br>Eb               | 13.75 $\pm$ 1.25<br>Ad             | F <sub>3,12</sub> =312.85<br>P=0.000  | 46.56 $\pm$ 5.18<br>DE   |
| 7.5  | 60.00 $\pm$ 2.04<br>Ec               | 78.75 $\pm$ 1.25<br>Ca               | 67.50 $\pm$ 1.45<br>Db               | 15.00 $\pm$ 0.00<br>Ad             | F <sub>3,12</sub> =400.20<br>P=0.000  | 55.31 $\pm$ 6.28<br>CD   |
| 10   | 71.25 $\pm$ 1.25<br>Db               | 92.50 $\pm$ 1.45<br>Ba               | 76.25 $\pm$ 1.25<br>Cb               | 13.75 $\pm$ 1.25<br>Ac             | F <sub>3,12</sub> =696.85<br>P=0.000  | 63.43 $\pm$ 7.70<br>BC   |
| 15   | 82.50 $\pm$ 1.45<br>Cb               | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Aa              | 87.50 $\pm$ 1.45<br>Bb               | 11.25 $\pm$ 1.25<br>Ac             | F <sub>3,12</sub> =1120.27<br>P=0.000   | 70.31 $\pm$ 8.97<br>AB   |
| 20   | 87.50 $\pm$ 1.45<br>BCb              | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Aa              | 97.50 $\pm$ 1.45<br>Aa               | 15.00 $\pm$ 0.00<br>Ac             | F <sub>3,12</sub> =1564.00<br>P=0.000   | 75.00 $\pm$ 9.04<br>AB   |
| 25   | 92.50 $\pm$ 1.45<br>Bb               | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Aa              | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Aa              | 13.75 $\pm$ 1.25<br>Ac             | F <sub>3,12</sub> =1937.57<br>P=0.000   | 76.56 $\pm$ 9.41<br>AB   |
| 30   | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Ac              | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Ab              | 100.00 $\pm$ 0.00<br>Aa              | 15.00 $\pm$ 0.00<br>Ad             | F <sub>3,12</sub> =-----<br>P=---   | 78.75 $\pm$ 9.50<br>A    |
| <b>F and P value</b>                             | F <sub>8,27</sub> =408.38<br>P=0.000 | F <sub>8,27</sub> =690.38<br>P=0.000 | F <sub>8,27</sub> =551.91<br>P=0.000 | F <sub>8,27</sub> =2.70<br>P=0.025 | For applications: F <sub>3,140</sub> =59.59, P=0.000<br>For dosage periods: F <sub>8,135</sub> =8.17, P=0.000<br>For applications* dosage periods<br>F <sub>24,108</sub> =146.45, P=0.000 |                          |
| <b>Average mortality (%)</b>                     | 65.83 $\pm$ 4.54<br>b*               | 79.16 $\pm$ 4.28<br>a                | 71.80 $\pm$ 4.52<br>ab               | 13.75 $\pm$ 0.37<br>c              |   |                          |

\*One-way ANOVA was applied to mortality data for PPO concentrations in each column and PPO treatments in each row. Means within a row with the same lowercase letter and within a column with the same uppercase letter were not significantly different (Tukey's HSD test at the 5% level).

To achieve 100% mortality of *P. interpunctella* adults when exposed to PPO alone treatment, a concentration of 15  $\mu\text{l l}^{-1}$  PPO was necessary. However, for PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub>, lower concentrations of 10  $\mu\text{l l}^{-1}$  and 7.5  $\mu\text{l l}^{-1}$  PPO were sufficient to achieve the same mortality rate. Analysis of the percentage mortality data indicated no significant difference in the toxicity of PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> treatments against adults, and both combination treatments were more toxic to adults than PPO alone treatment (Table 5).

**Table 5.** Average mortality rates (%) *Plodia interpunctella* adults exposed to various concentrations of PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> for 4 hours.

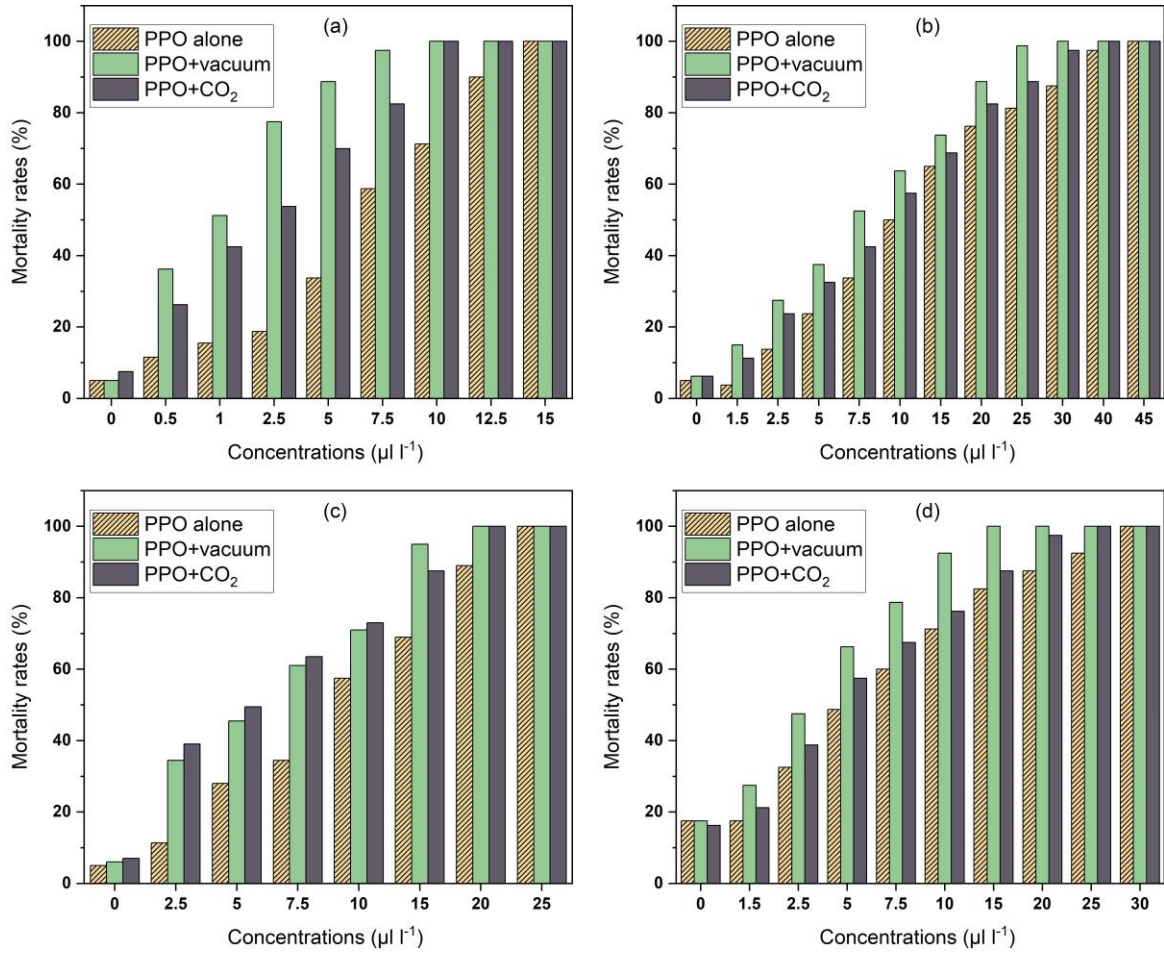
Çizelge 5. Tek başına PPO, PPO+Vakum ve PPO+CO<sub>2</sub>'nin çeşitli konsantrasyonlarına 4 saat boyunca maruz kalan *Plodia interpunctella* erginlerinin ortalama ölüm oranları (%).

| PPO Concentration (µl l <sup>-1</sup> ) | Mortality (%) ± SE                   |                                      |                                      |                                    | F and P value   | Average mortality (%) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|
|   | PPO                                  | PPO+Vacuum                           | PPO+CO <sub>2</sub>                  | Control                            |   |                       |
| 0.5                                     | 11.25±1.25<br>Fc*                    | 36.25±2.40<br>Fa*                    | 26.25±2.40<br>Fb*                    | 5.10±2.04<br>Ac*                   | F <sub>3,12</sub> =46.88<br>P=0.000   | 19.68±3.31<br>D*      |
| 1                                       | 16.25±1.25<br>Fc                     | 51.25±1.25<br>Ea                     | 42.50±1.45<br>Eb                     | 5.00±2.04<br>Ad                    | F <sub>3,12</sub> =201.33<br>P=0.000  | 28.75±4.91<br>CD      |
| 1.5                                     | 18.75±1.25<br>Fc                     | 62.50±1.45<br>Da                     | 53.75±1.25<br>Db                     | 7.50±1.45<br>Ad                    | F <sub>3,12</sub> =388.86<br>P=0.000  | 35.63±5.99<br>BCD     |
| 2.5                                     | 18.75±2.40<br>Fb                     | 77.50±1.45<br>Ca                     | 70.00±2.04<br>Ca                     | 7.50±1.45<br>Ac                    | F <sub>3,12</sub> =357.15<br>P=0.000  | 43.44±7.97<br>ABCD    |
| 5                                       | 33.75±1.25<br>Eb                     | 88.75±2.40<br>Ba                     | 82.50±1.45<br>Ba                     | 7.50±1.45<br>Ac                    | F <sub>3,12</sub> =534.00<br>P=0.000  | 53.12±8.78<br>ABCD    |
| 7.5                                     | 58.75±2.40<br>Db                     | 97.50±1.45<br>Aa                     | 100.00±0.00<br>Aa                    | 5.00±0.00<br>Ac                    | F <sub>3,12</sub> =1010.33<br>P=0.000   | 65.31±9.95<br>ABC     |
| 10                                      | 71.25±1.25<br>Cb                     | 100.00±0.00<br>Aa                    | 100.00±0.00<br>Aa                    | 7.50±1.45<br>Ac                    | F <sub>3,12</sub> =2087.29<br>P=0.000   | 69.68±9.76<br>AB      |
| 12.5                                    | 90.00±2.04<br>Bb                     | 100.00±0.00<br>Aa                    | 100.00±0.00<br>Aa                    | 7.50±1.45<br>Ac                    | F <sub>3,12</sub> =1286.33<br>P=0.000   | 74.37±10.05<br>A      |
| 15                                      | 100.00±0.00<br>Ac                    | 100.00±0.00<br>Ab                    | 100.00±0.00<br>Aa                    | 5.00±0.00<br>Ad                    | F <sub>3,12</sub> =-----<br>P=----  | 76.25±10.63<br>A      |
| <b>F and P value</b>                    | F <sub>8,27</sub> =450.12<br>P=0.000 | F <sub>8,27</sub> =270.39<br>P=0.000 | F <sub>8,27</sub> =465.52<br>P=0.000 | F <sub>8,27</sub> =0.83<br>P=0.581 | For applications: F <sub>3,140</sub> =68.61, P=0.000<br>For dosage periods: F <sub>8,135</sub> =6.37, P=0.000<br>For applications* dosage periods<br>F <sub>24,108</sub> =125.81, P=0.000 |                       |
| <b>Average mortality (%)</b>            | 46.52±5.48<br>b*                     | 79.30±3.86<br>a                      | 75.00±4.55<br>a                      | 6.38±0.47<br>c                     |   |                       |

\*One-way ANOVA was applied to mortality data for PPO concentrations in each column and PPO treatments in each row. Means within a row with the same lowercase letter and within a column with the same uppercase letter were not significantly different (Tukey's HSD test at the 5% level).

For three different applications (PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub>), the mortality rates (%) of *P. interpunctella* at different developmental stages (eggs, larvae, pupae, and adults) were plotted against the PPO concentration, as shown in the Figure 1a-d.

In all cases, mortality rates showed a general upward trend with increasing PPO concentrations. These observed averages were statistically different from the control group, indicating a significant impact of PPO concentration on the mortality rates of *P. interpunctella* at various developmental stages across the three distinct applications.



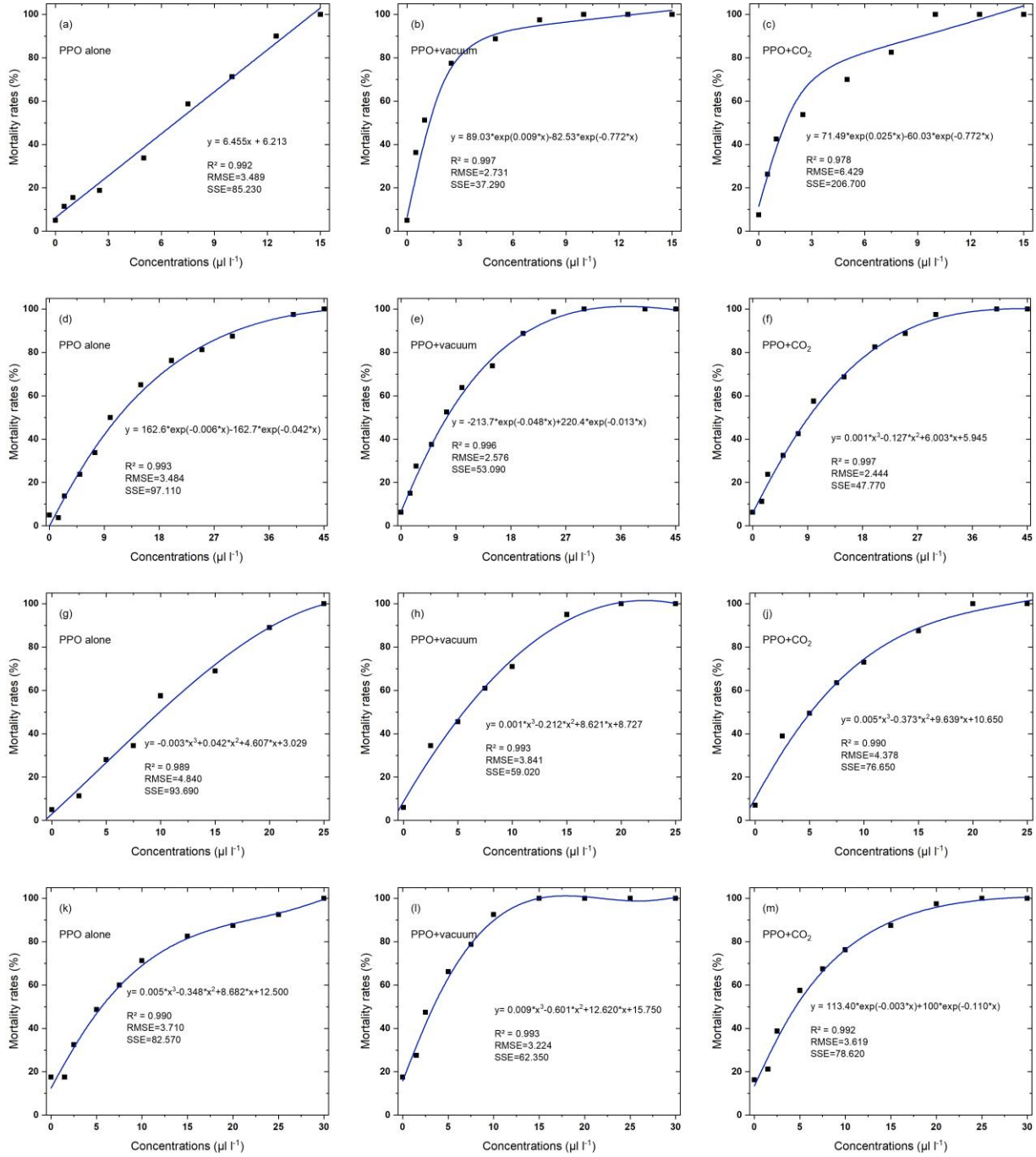
**Figure 1.** The mortality rates versus PPO concentrations for (a) adults, (b) larvae, (c) eggs, and (d) pupae of *Plodia interpunctella* for different PPO applications.

Şekil 1. Farklı PPO uygulamaları için *Plodia interpunctella*'nin (a) erginleri, (b) larvaları, (c) yumurtaları ve (d) pupaları için PPO konsantrasyonlarına karşı ölüm oranları.

### Fitted Regression Models

To investigate the relationships between PPO applications and mortality of *P. interpunctella*, different regression models (linear, logarithmic, exponential, and polynomial) were used. The most appropriate model was selected by trial and error, focusing on the highest coefficient of determination ( $R^2$ ), lowest root mean square error (RMSE), and the sum of squares error (SSE). The strategies for finding an appropriate model include the forward method, starting with a straightforward model, such as a straight line. If this basic model does not adequately fit the data, more complex models are considered, such as a 2<sup>nd</sup>-degree polynomial, and continuing this process is necessary (Alexopoulos, 2010).

The fitted regression models for each application are displayed in Figure 2a-m. The blue curves represent the fitted models in these figures, while the black points correspond to the training data. Upon examination of the developed models, it becomes evident that only one model (for adults under PPO-alone treatment) exhibits a linear relationship ( $y=6.455x+6.213$ ). In contrast, the remaining models are generally best fitted with exponential and 3<sup>rd</sup>-degree polynomial functions. For example, the exponential model is the most suitable for describing the relationship for larvae under PPO+Vacuum treatment, as indicated by its high  $R^2$  value of 0.996, low RMSE of 2.576, and SSE of 53.09. Meanwhile, the 3<sup>rd</sup>-degree polynomial model proves to be the most appropriate choice for characterizing the relationship observed in eggs subjected to the PPO+CO<sub>2</sub> treatment. This conclusion is supported by its notably high  $R^2$  (0.990), along with the low RMSE (4.378) and SSE (76.65).



**Figure 2.** The fitted regression models for (a-c) adults, (d-f) larvae, (g-i) eggs, and (k-m) pupae of *Plodia interpunctella* for different PPO applications.

Şekil 2. Farklı PPO uygulamaları için *Plodia interpunctella*'nin (a-c) erginleri, (d-f) larvaları, (g-j) yumurtaları ve (k-m) pupaları için uygun regresyon modelleri.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

It is well known that PPO has shown promising results in controlling stored-product insect pests (Isikber et al., 2017; Navarro et al., 2004). Nevertheless, it is crucial to note that the effectiveness of commercial fumigation is subject to various factors, encompassing environmental conditions during treatment, the nature of the treated product, and the performance of the equipment involved. These factors play a pivotal role in determining the overall success of the fumigation process. Therefore, it is essential to evaluate the insecticidal efficacy of PPO and its ability to thoroughly penetrate the product, as this information is of

great importance for the wide commercial application of PPO gas in the food industry. In this context, this study focuses on investigating the insecticidal efficacy of PPO in three different treatments (PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub>) against all biological stages of *P. interpunctella*, using dried figs as the test substrate.

Statistically significant differences were observed in the mortality rates between different biological stages of *P. interpunctella* when exposed to PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub> treatments. The test results showed clear trends: the highest mortality rates were observed at concentrations of 15 µl l<sup>-1</sup> for adults, 45 µl l<sup>-1</sup> for larvae, 25 µl l<sup>-1</sup> for eggs, and 30 µl l<sup>-1</sup> for pupae. The results suggest that *P. interpunctella* larvae and pupae exhibit greater resistance to PPO treatments overall, whereas *P. interpunctella* adults and eggs show higher sensitivity to these treatments. The order of tolerance from the most resistant to the most susceptible life stage for PPO treatments was as follows: larvae > pupae > eggs > adults. These results are consistent with previous research by Isikber et al. (2012), who also reported that *P. interpunctella* eggs and larvae had greater resistance to PPO+Vacuum treatments, underscoring the consistency of these results. Also, Isikber et al. (2017) reported similar trends in *T. castaneum*, where eggs exhibited the highest sensitivity to PPO with an LD<sub>99</sub> value of 30.1 mg L<sup>-1</sup> for a 4-hour exposure, while pupae were the most tolerant, with an LD<sub>99</sub> value of 146.5 mg L<sup>-1</sup>. These findings highlight the exceptional efficacy of PPO against *P. interpunctella* eggs, particularly within very brief exposure periods. This bears significance due to the inherent difficulty in managing stored product insect eggs using conventional fumigants and contact insecticides, often necessitating prolonged exposure durations for effective control.

Based on the findings from all bioassays of this study, it was determined that the PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> resulted in a pronounced increase in toxicity against all life stages of *P. interpunctella*. Isikber et al. (2001) assessed the efficacy of PPO alone, PPO+Vacuum, and PPO+CO<sub>2</sub>, during a brief exposure period of 4 hours on all life stages of *T. castaneum*. Their research revealed that PPO+Vacuum and PPO+CO<sub>2</sub> exhibited heightened insecticidal activity across all life stages of *T. castaneum*, except for eggs, as compared to the application of PPO alone. Zettler et al. (2003) observed that the use of PPO in combination with CO<sub>2</sub> demonstrated effectiveness against seven distinct stored-product insect pests, which encompassed *P. interpunctella*, *T. castaneum*, *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera: Tenebrionidae), *Trogoderma variable* Ballion (Coleoptera: Dermestidae), *Lasioderma serricornis* (F.) (Coleoptera: Anobiidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), thus affirming its broad-spectrum utility.

This study is noteworthy for its pioneering use of regression methods to model insect mortality, and it paves the way for a better understanding of the relationship between mortality and PPO concentrations. These findings provide valuable insights that can empower scientists and practitioners to potentially develop more effective and targeted strategies for pest management and quarantine procedures.

In the test results, the recommended and effective doses were found to be 15 µl l<sup>-1</sup> for adults, 45 µl l<sup>-1</sup> for larvae, 25 µl l<sup>-1</sup> for eggs and 30 µl l<sup>-1</sup> for pupae. The results of this study indicate that PPO is a promising substitute for MeBr to rapidly eliminate insect infestations in dried figs. This study is a basic study and it is clear that with the involvement of different disciplines, this study will gain importance and provide practical results. In this way, the potential of the fumigant used in our study will be fully revealed and the possibilities of its use will be better understood. To determine the insecticidal efficacy of this fumigant against stored dried fig pests, studies on different types of food and different pests should be supported. In addition, it is undoubtedly important to develop and apply this study in large-scale commercial trials under warehouse and grain silo conditions

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors assert that they have no conflicts of interest related to the content presented in the article.

#### DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization, Y.K. and A.A.I.; methodology, Y.K.; software, Y.K.; validation, Y.K.; formal analysis, Y.K.; research, Y.K.; sources, Y.K. and A.A.I.; data curation, Y.K.; writing-original drafting, Y. K.; writing-review and editing, A.A.I.; visualization, Y.K.; supervision, A.A.I.; project management, Y.K. and A.A.I. All authors have reviewed and approved the final published version of the article.

## REFERENCES

- Alexopoulos, E. C. (2010). Introduction to multivariate regression analysis. *Hippokratia*, 14(1), 23-28.
- Bell, C. H. (2000). Fumigation in the 21st century. *Crop Protection*, 19(8-10), 563-569. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00073-9)
- Bond, E. J., & Monro, H. A. U. (1984). Manual of fumigation for insect control (Vol. 54). Rome, Italy: FAO.
- Buselli, R., Corsi, M., Baldanzi, S., Chiumiento, M., Del Lupo, E., Dell'Oste, V., Bertelloni, C. A., Massimetti, G., Dell'Osso, L., Cristaudo, A., & Carmassi, C. (2020). Professional quality of life and mental health outcomes among health care workers exposed to Sars-Cov-2 (Covid-19). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6180. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176180>
- Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability*, 11(19), 5481. <https://doi.org/10.3390/su11195481>
- Cemek, B., Ünlükara, A., Kurunç, A., & Küçüktopcu, E. (2020). Leaf area modeling of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different stress conditions by soft computing approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105514. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105514>
- Creasy, S., & Hartsell, P. (1999). Fumigation to control two species of stored-product insects-Indianmeal moth and warehouse beetle. Internal Report, California Dried Fruit Association, Fresno, California.
- Delpage, M. J. (2020). Further legal protection for the stratospheric ozone layer: Focusing on the global use exemptions of methyl bromide. *Waikato Law Review*, 28, 88.
- Dhulipalla, H., Kommineni, H. K., Archana, V., Devaraj, L., & Syed, I. (2023). Storage and quality degradation of dried herbs, spices, and medicinal plants. In C.L., Hii & S.S., Shirkole (Eds.), *Drying of Herbs, Spices, and Medicinal Plants* (pp. 99-124). CRC Press.
- Fields, P. G., & White, N. D. (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for stored product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 331-359. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145217>
- Gareau, B. J. (2010). A critical review of the successful CFC phase-out versus the delayed methyl bromide phase-out in the Montreal Protocol. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 10, 209-231.
- Hasan, M. M., Aikins, M. J., Schilling, M. W., & Phillips, T. W. (2021). Sulfuryl fluoride as a methyl bromide alternative for fumigation of *Necrobia rufipes* (Coleoptera: Cleridae) and *Tyrophagus putrescentiae* (Sarcoptiformes: Acaridae), major pests of animal-based stored products. *Journal of Stored Products Research*, 91, 101769. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101769>
- Isikber, A. A., Navarro, S., Finkelman, S., Rindner, M., & Dias, R. (2006). *Propylene oxide as a potential quarantine fumigant for insect disinfestation of nuts*. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection. Campinas, Sao Paulo, Brazil (pp. 15-18).
- Isikber, A. A., Navarro, S., Finkelman, S., Rindner, M., Azrieli, A., & Dias, R. (2001). *Toxicity of propylene oxide in combination with vacuum or CO<sub>2</sub> to Tribolium castaneum*. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, San Diego, CA, USA.
- Isikber, A. A., Oztekin, S., Dayisoğlu, K. S., & Duman, A. D. (2012). *Propylene oxide as potential quarantine fumigant for insect disinfestation of dried figs*. Proceedings of the 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turkey.
- Isikber, A. A., Tunaz, H. C., Athanassiou, G., Bilgili, Y., & Er, M. K. (2017). Toxicity of propylene oxide alone and in combination with low pressure or carbon dioxide against life stages of *Ephesia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory conditions. *Crop Protection*, 98, 56-60. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.015>



- Küçüktopcu, Y. (2023). *Bazı bitki ekstraktları ve inert tozların Trogoderma granarium Everts (Col.:Dermestidae) ve Plodia interpunctella Hübner (Lep.:Pyralidae) üzerine etkilerinin belirlenmesi* [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Liu, Y. B., Oh, S., Yang, X., Jayas, D. S., & Jian, F. (2021). *Nitric oxide fumigation for postharvest control of pests and pathogens*. Proceedings of the 11th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF2020). CAF Permanent Committee Secretariat, Winnipeg, Canada (pp. 288-295).
- Maille, J. M., Schilling, M. W., & Phillips, T. W. (2023). Efficacy of the fumigants propylene oxide and ethyl formate to control two pest species of Dry-Cured Hams. *Insects*, 14(6), 511. <https://doi.org/10.3390/insects14060511>
- Meylan, W., Papa, L., De Rosa, C., & Stara, J. (1986). Chemical of current interest propylene oxide: health and environmental effects profile. *Toxicology and Industrial Health*, 2(3), 219-260. <https://doi.org/10.1177/074823378600200304>
- Mohandass, S., Arthur, F. H., Zhu, K. Y., & Throne, J. E. (2007). Biology and management of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in stored products. *Journal of Stored Products Research*, 43(3), 302-311. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.08.002>
- Myers, S. W., Ghimire, M. N., Arthur, F. H., & Phillips, T. W. (2021). A combination of sulfuryl fluoride and propylene oxide treatment for *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Economic Entomology*, 114(4), 1489-1495. <https://doi.org/10.1093/jee/toab124>
- Nansen, C., & Phillips, T. W. (2004). Attractancy and toxicity of an attracticide for Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 703-710. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.703>
- Navarro, H., & Navarro, S. (2016). *Comparative practical application of two novel candidate fumigants*. Proceedings of the 10th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF2016), Winnipeg, Canada.
- Navarro, S., Isikber, A. A., Finkelman, S., Rindner, M., Azrieli, A., & Dias, R. (2004). Effectiveness of short exposures of propylene oxide alone and in combination with low pressure or carbon dioxide against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 40(2), 197-205. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00097-8)
- Nunez, E., Steyerberg, E. W., & Nunez, J. (2011). Regression modeling strategies. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 64(6), 501-507. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2011.01.017>
- Park, M. G., Lee, B. H., Yang, J. O., Kim, B. S., Roh, G. H., Kendra, P. E., & Cha, D. H. (2021). Ethyl formate as a methyl bromide alternative for fumigation of citrus: Efficacy, fruit quality, and workplace safety. *Journal of Economic Entomology*, 114(6), 2290-2296. <https://doi.org/10.1093/jee/toab175>
- Phillips, T. W., Berberet, R. C., & Cuperus, G. W. (2000). Post-harvest integrated pest management. In Francis (Ed.), *Encyclopedia of Food Science and Technology (2nd ed)* (pp. 2690-2701) Wiley, New York.
- Rajendran, S. (2001). Alternatives to methyl bromide as fumigants for stored food commodities. *Pesticide Outlook*, 12(6), 249-253.
- Rajendran, S., & Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44(2), 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.08.003>
- Razazzian, S., Hassani, M. R., Imani, S., & Shojai, M. (2015). Life table parameters of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) on four commercial pistachio cultivars. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18(1), 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.12.002>
- Tripathi, A. K. (2018). *Pests of stored grains*. In Omkar (Ed.) *Pests and their management* (pp. 311-360). Springer.
- Wesley, F., Rurke, B., & Darbishire, O. (1965). The formation of persistent toxic chlorohydrins in food by fumigation with ethylene oxide and propylene oxide. *Journal Food SciENCE*, 30(6), 1037-1042.
- Wright, E. J. (2003). *Carbonyl sulfide (COS) as a fumigant for stored products: progress in research and commercialisation*. In Wright, E. J., Webb, M.C., Highley, E., et al. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference. Canberra: Stored Grain in Australia, 25-27 June 2003 (pp. 224-229).

- Zettler, J. L., Hartsell, P. L., Allred, D. B., Muhareb, J. S., Hurley, J. M., & Gill, R. F. (2003). *Sorption and insect toxicity of propylene oxide in dried fruits and nuts*. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, York, UK, 22-26 July 2002 (pp. 921-924). CABI Publishing.
- Zettler, J. L., Leesch, J. G., Gill, R. F., Tebbets, J. G. (1998). *Chemical alternatives for methyl bromide and phosphine treatments for dried fruits and nuts*. In Proceedings of The Seventh International Working Conference on Stored Product Protection, Beijing, China (pp. 554-561).
- Zhao, C., Guo, Y., Yuan, J., Wu, M., Li, D., Zhou, Y., & Kang, J. (2018). ESG and corporate financial performance: Empirical evidence from China's listed power generation companies. *Sustainability*, 10(8), 2607. <https://doi.org/10.3390/su10082607>



## The Effect of Irrigation Water Quality and Growing Medium on Growth Parameters of Chokeberry\*

Sulama Suyu Kalitesi ve Yetiştirme Ortamının Aronyanın Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi

Ayşe Akyüz<sup>1</sup> , Bilal Cemek<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 09.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Abstract:** This study aimed to determine the effect of irrigation water quality and growing medium differences on the growth parameters of the chokeberry plant. The effects of control (0.65 dS m<sup>-1</sup>), 2 dS m<sup>-1</sup>, 4 dS m<sup>-1</sup>, 8 dS m<sup>-1</sup>, and 10 dS m<sup>-1</sup> electrical conductivity irrigation water and 2 different growing medium (peat and soil) were evaluated on plant growth. For this purpose, specific leaf area (SLA), leaf area ratio (LAR), leaf weight ratio (LWR), stem weight ratio (SWR), root weight ratio (RWR), net assimilation rate (NAR), relative growth rate (RGR), and leaf thickness (LT) parameters were evaluated. Differences were observed in growth parameters depending on irrigation water salinity and growing medium. The SLA value varied between 26.47 (control) and 3.07 cm<sup>2</sup> day<sup>-1</sup> (10 dS m<sup>-1</sup>) in soil medium and between 25.07 (control) and 2.88 cm<sup>2</sup> day<sup>-1</sup> (10 dS m<sup>-1</sup>) in peat medium. The values of LAR ranged between 127.98-12.65 cm<sup>2</sup> day<sup>-1</sup> in soil and 134.14-61.33 cm<sup>2</sup> day<sup>-1</sup> in peat, and LWR between 0.25-0.03 g g<sup>-1</sup> (soil) and 0.43-0.05 g g<sup>-1</sup> (peat). The SWR value varied between 0.41-0.18 g g<sup>-1</sup> in soil and 1.22-0.29 g g<sup>-1</sup> in peat. The RWR value ranged between 0.63-0.37 g g<sup>-1</sup> in the soil medium and 1.62-0.31 g g<sup>-1</sup> in the peat medium. NAR and RGR are the most potent parameters used to evaluate plant growth and to express growth and development. NAR and RGR parameters reached the highest value in soil medium in 2 dS m<sup>-1</sup> application, while in peat medium in control application.

**Keywords:** Aronia, irrigation water quality, growth parameters

&

**Öz:** Bu çalışmada sulama suyu kalitesi ve yetiştirme ortamı farklılığının aronya bitkisinin büyüme parametrelerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sulama suyu kalitesindeki değişimin bitki gelişimine etkisini belirlemek amacıyla kontrol (0.65 dS m<sup>-1</sup>), 2 dS m<sup>-1</sup>, 4 dS m<sup>-1</sup>, 8 dS m<sup>-1</sup> ve 10 dS m<sup>-1</sup> elektriksel iletkenlikte sulama suyu ve 2 farklı yetiştirme ortamının ( torf ve toprak) etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla oransal yaprak alanı (YAO), özgül yaprak alanı (ÖYA), oransal yaprak ağırlığı (OYA), oransal gövde ağırlığı (OGA), oransal kök ağırlığı (OKA), net asimilasyon oranı (NAO), nisbi büyüme hızı (NBH), yaprak kalınlığı (YK) parametreleri değerlendirilmiştir. Sulama suyu tuzluluğu ve yetiştirme ortamına bağlı olarak büyüme parametrelerinde farklılıklar gözlemlenmiştir. YAO değeri toprak ortamında 26.47 (kontrol)-3.07 cm<sup>2</sup> gün<sup>-1</sup> (10 dS m<sup>-1</sup>), torf ortamında ise 25.07 (kontrol) ile 2.88 cm<sup>2</sup> gün<sup>-1</sup> (10 dS m<sup>-1</sup>) arasında değişim göstermiştir. ÖYA toprak ortamında 127.98-12.65 cm<sup>2</sup> gün<sup>-1</sup>, torf ortamında 134.14-61.33 cm<sup>2</sup> gün<sup>-1</sup>, OYA 0.25-0.03 g g<sup>-1</sup> (toprak), 0.43-0.05 g g<sup>-1</sup> (torf) arasında değerler almaktadır. OGA değeri toprak ortamında 0.41-0.18 g g<sup>-1</sup>, torf ortamında 1.22-0.29 g g<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. OKA değeri ise toprak ortamında 0.63-0.37 g g<sup>-1</sup>, torf ortamında 1.62-0.31 arasında değer almaktadır. Bitki gelişimini değerlendirmek, büyüme ve gelişmeyi ifade etmek adına kullanılan en güçlü parametreler NAO ve NBH'dir. NAR ve NBH parametreleri toprak ortamında en yüksek değerine 2 dS m<sup>-1</sup> uygulamasında ulaşırken, torf ortamında kontrol uygulamasında ulaşmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aronya, sulama suyu kalitesi, büyüme parametreleri

**Atf/Cite as:** Akyüz A. & Cemek B. (2024). The Effect of Irrigation Water Quality and Growing Medium on Growth Parameters of Chokeberry. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 10 (1), 132-143. doi: 10.24180/ijaws.1433911

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Ayşe Akyüz, Ondokuz Mayıs University, Agricultural Structures and Irrigation, ayseakyol86@gmail.com (Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Bilal Cemek, Ondokuz Mayıs University, Agricultural Structures and Irrigation, bcemek@omu.edu.tr

\* This study was produced from the Ph.D. thesis of Ayşe Akyüz titled "Farklı Sulama Suyu Kalitesi ve Su Kısıtı Koşullarında Yetiştirilen Aronya Bitkisinin Büyüme, Gelişme, Verim ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi."

## INTRODUCTION

Chokeberry, which originates from North America and belongs to the Rosaceae family, is a deciduous multi-stemmed shrub-type plant (Hardin, 1973). Chokeberry attracts attention both as an ornamental plant and as an effective fruit in the treatment and prevention of diseases (Brand, 2010).

Regardless of soil type, chokeberry grows best at 6-6.5 pH (Walther and Schnell, 2009), in moist soils, and in areas with good sunshine (Brand, 2010). As in all plants, it is very important to provide optimum moisture content in the root zone for better development. In chokeberry cultivation, irrigation water quality and soil water content affect fruit quality and yield (Won et al., 2017).

In order to determine the effects of different conditions on plant quality, it is very important to determine leaf, stem, root dry, and fresh weights, leaf area, net assimilation rate, and relative growth rate, which are crucial concepts in monitoring plant growth. Growth analyses are critical for identifying relationships among plant growth, development, and factors affecting yield and productivity. Parameters like RGR (relative growth rate) and its component NAR (net assimilation rate) must be thoroughly understood to explain plant dry matter accumulation and plant growth and development (Uzun, 1997). Cemek et al. (2005) determined the effects of different greenhouse covers on the growth and yield of eggplant. Öztürk and Demirsoy (2006) demonstrated the effect of shading on the growth of strawberries by quantitative analyses. Öner and Sezer (2007) determined the effects of light and temperature on growth parameters in maize. Öztürk et al. (2014) determined the effect of shading on the net assimilation rate and relative growth rate of strawberry plants. Fast-growing plants always have high NAR values, and plants with high net assimilation rates grow faster (Li et al., 2016). Kiran et al. (2017) examined the effect of rootstock/scion combinations on the morphological characteristics of eggplant plants under salinity and drought stress.

The change in irrigation water quality causes differences in plant development. The effects of factors directly affecting plant growth, such as light, temperature, irrigation water quantity, and salinity on plant growth have been examined in different studies. However, since there is no study for chokeberry, this study aims to contribute to the literature in this respect. This study aimed to determine the changes in growth parameters of aronia plant due to different growing media and changes in irrigation water quality.

## MATERIAL AND METHOD

The research was conducted at the Samsun Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture greenhouse unit during 2021-2022. The plants were protected from rainfall and grown in a greenhouse covered with polyethylene material to ensure they were not affected by precipitation while allowing open-air access from the sides to reflect outdoor temperature conditions.

In this study, one-year-old chokeberry plants of the Viking variety were grown under different irrigation water qualities, and the effect of different doses of salt applications on their vegetative growth was determined. The research was carried out according to the random plots experimental design with 3 replications and 3 plants in each replicate. Two different medium (peat and soil) were used to observe the effect of the growing medium. The soil used in the study was analyzed at Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition (Table 1). The peat used is standard seedling peat with a pH of 6 and 1.5 g fertilizer per liter (Klasmann TS1®).

**Table 1.** Characteristics of the soil used in the experiment.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın özellikleri.

| Saturation (%) | Structure | dS m <sup>-1</sup> |      | %                 |      |      | ppm  |       | Mek 100g <sup>-1</sup> |      |      |
|----------------|-----------|--------------------|------|-------------------|------|------|------|-------|------------------------|------|------|
|                |           | pH                 | EC   | CaCO <sub>3</sub> | OM   | N    | P    | Ca    | Mg                     | K    | N    |
| 51             | Loamy     | 7.77               | 0.32 | 2.05              | 2.65 | 0.08 | 20.5 | 32.37 | 14.48                  | 0.41 | 0.95 |

Five different treatments were examined for their effects: control (0.65 dS m<sup>-1</sup> (S1)), 2 dS m<sup>-1</sup> (S2), 4 dS m<sup>-1</sup> (S3), 8 dS m<sup>-1</sup> (S4), 10 dS m<sup>-1</sup> (S5) electrical conductivity of irrigation water. The salts used for preparing waters were calculated with the help of QBASIC computer program as CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, and NaCl salts, with

Sodium Adsorption Rate (SAR) = 5 and Ca Mg<sup>-1</sup> ratio me l<sup>-1</sup> as 1 l<sup>-1</sup> (Ünlükara et al., 2015). The amounts of salts used for preparing irrigation waters for each application are given in Table 2.

**Table 2.** Amounts of salts to prepare 1L of water solution.

Çizelge 2. 1L çözelti hazırlamak için gerekli tuz miktarları.

| Irrigation Water     | Subjects | Salt Sources (g) |                   |                   |
|----------------------|----------|------------------|-------------------|-------------------|
|                      |          | NaCl             | MgSO <sub>4</sub> | CaCl <sub>2</sub> |
| 2dS m <sup>-1</sup>  |          | 0.56             | 0.45              | 0.31              |
| 4dS m <sup>-1</sup>  |          | 0.87             | 1.75              | 0.75              |
| 8dS m <sup>-1</sup>  |          | 1.50             | 5.00              | 1.75              |
| 10dS m <sup>-1</sup> |          | 2.00             | 6.12              | 2.50              |

For the plants whose field capacity was determined (Ünlükara et al., 2008a; Ünlükara et al., 2008b), the amount of irrigation water to be applied in each irrigation was determined with the help of equation (1) (Ünlükara et al., 2015).

$$I = (W_{fc} - W_a) / (1-L) \quad (1)$$

In equality; I, the amount of water applied in each irrigation (L), W<sub>fc</sub>, field capacity weight of the pot (kg), W<sub>a</sub> is the weight of the pots weighed before irrigation and LF taken 0.15 (Maas and Hoffman 1977, Ayers and Wescot, 1989).

Fruit harvest was carried out on September 23 in the first year of the experiment and on September 20 in the second year. Along with fruit harvest, destructive harvests were conducted on randomly selected one plant from each replication in each treatment to determine the plant's vegetative growth parameters quantitatively. Plants were separated into roots, stems, and leaves. The leaves of each plant were fixed on A4 paper, scanned, and transferred to a computer (Cemek et al., 2011; Cemek et al., 2020). The area of the scanned leaves was determined according to Tunca et al. (2018). The root parts were washed thoroughly and cleaned from soil and peat. The fresh weights of roots, stems, and leaves were determined by weighing them on a precision balance sensitive to 0.001 g. Then, the plant materials were placed in paper bags and dried in an oven at 80 °C for 72 hours, and their dry weights were measured. Quantitative growth parameters given in Table 3 were determined with these values (Uzun, 1996).

**Table 3.** Quantitative growth parameters (Uzun, 1996).

Çizelge 3. Kantitatif büyüme parametreleri (Uzun, 1996).

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Specific Leaf Area (SLA)    | The leaf area of the plant (cm <sup>2</sup> ) × The total leaf dry mass of the plant (g) <sup>-1</sup>  |
| Leaf Area Ratio (LAR)       | The total leaf area of the plant (cm <sup>2</sup> ) × The total dry mass of the plant (g) <sup>-1</sup> |
| Leaf Weight Ratio (LWR)     | The total leaf dry mass of the plant (g) × The total dry mass of the plant (g) <sup>-1</sup>            |
| Stem Weight Ratio (SWR)     | The total stem dry mass of the plant (g) × The total dry mass of the plant (g) <sup>-1</sup>            |
| Root Weight Ratio (RWR)     | The total root dry mass of the plant (g) × The total dry mass of the plant (g) <sup>-1</sup>            |
| Net Assimilation Rate (NAR) | (1 A <sup>-1</sup> )dA dt <sup>-1</sup> (g cm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )*                        |
| Relative Growth Rate (RGR)  | Net assimilation rate (NAR) × Leaf area ratio (LAR)[day <sup>-1</sup> ]                                 |
| Leaf Thickness (LT)         | 1 / Specific Leaf Area (SLA) <sup>-1</sup>  |

\*A: Total area of the plant; t: Time in days

The data obtained from the study were statistically analyzed, correlation analysis, analysis of variance, and comparisons between parameters and treatments were performed. The graphs were drawn using the RStudio package program (2023.06.1+524 (2023.06.1+524)).

RESULTS AND DISCUSSION

The calculated growth parameters of chokeberry plants grown under different irrigation water quality are given in Table 4 (soil) and Table 5 (peat).

**Table 4.** Descriptive statistics of growth parameters of chokeberry plants at different irrigation water quality in the soil medium.

Çizelge 4. Toprak ortamında farklı sulama suyu kalitesinde aronya bitkilerinin büyüme parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri.

| Water Quality | SLA              |        |        | LAR              |         |         |
|---------------|------------------|--------|--------|------------------|---------|---------|
|               | Mean±SD          | Max    | Min    | Mean±SD          | Max     | Min     |
| S1            | 100.39±17.69     | 127.98 | 85.51  | 20.95±3.77       | 26.47   | 15.90   |
| S2            | 91.93±16.35      | 122.00 | 73.30  | 21.39±3.92       | 28.54   | 17.47   |
| S3            | 87.19±27.64      | 123.97 | 51.24  | 15.00±4.18       | 18.84   | 8.79    |
| S4            | 57.19±24.29      | 86.44  | 25.71  | 7.38±2.17        | 10.26   | 4.78    |
| S5            | 47.81±34.23      | 88.50  | 12.65  | 4.27±1.18        | 6.12    | 3.07    |
|               | LWR              |        |        | SWR              |         |         |
|               | Mean±SD          | Max    | Min    | Mean±SD          | Max     | Min     |
| S1            | 0.21±0.04        | 0.30   | 0.16   | 0.28±0.05        | 0.37    | 0.23    |
| S2            | 0.23±0.05        | 0.34   | 0.18   | 0.31±0.05        | 0.40    | 0.25    |
| S3            | 0.17±0.01        | 0.20   | 0.14   | 0.30±0.07        | 0.41    | 0.18    |
| S4            | 0.14±0.03        | 0.18   | 0.08   | 0.31±0.05        | 0.40    | 0.26    |
| S5            | 0.13±0.07        | 0.24   | 0.05   | 0.33±0.04        | 0.40    | 0.29    |
|               | RWR              |        |        | NAR              |         |         |
|               | Mean±SD          | Max    | Min    | Mean±SD          | Max     | Min     |
| S1            | 0.51±0.07        | 0.60   | 0.37   | 0.00026±0.000020 | 0.00032 | 0.00024 |
| S2            | 0.48±0.05        | 0.55   | 0.42   | 0.00030±0.000010 | 0.00033 | 0.00028 |
| S3            | 0.52±0.02        | 0.56   | 0.50   | 0.00019±0.000050 | 0.00024 | 0.00010 |
| S4            | 0.53±0.06        | 0.63   | 0.44   | 0.00017±0.000010 | 0.00020 | 0.00016 |
| S5            | 0.49±0.05        | 0.59   | 0.44   | 0.00018±0.000005 | 0.00019 | 0.00018 |
|               | RGR              |        |        | LT               |         |         |
|               | Mean±SD          | Max    | Min    | Mean±SD          | Max     | Min     |
| S1            | 0.00560±0.000002 | 0.0080 | 0.0030 | 0.01±0.000002    | 0.011   | 0.007   |
| S2            | 0.00640±0.001200 | 0.0080 | 0.0040 | 0.01±0.001000    | 0.013   | 0.008   |
| S3            | 0.00310±0.000100 | 0.0040 | 0.0008 | 0.01±0.004000    | 0.019   | 0.008   |
| S4            | 0.00100±0.000200 | 0.0016 | 0.0009 | 0.02±0.010000    | 0.030   | 0.010   |
| S5            | 0.00078±0.000200 | 0.0011 | 0.0005 | 0.03±0.020000    | 0.070   | 0.010   |

The SLA value ranged from 127.98 (S1) to 12.65 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (S5) for chokeberry plants with different irrigation water quality in the soil (Table 4). The LAR value ranged from 28.54 (S2) to 3.07 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (S5), and the LWR value ranged from 0.34 (S2) to 0.05 g g<sup>-1</sup> (S5). The SWR parameter was 0.41 and 0.18 g g<sup>-1</sup> for the S3 treatment. The RWR value ranged from 0.63 (S4) to 0.37 g g<sup>-1</sup> (S1). The highest NAR value was obtained in the S2 (0.00033 g cm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) treatment, and the lowest value was obtained in the S3 (0.0001 g cm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) treatment. The highest RGR value was obtained in the 2 dS m<sup>-1</sup> application with an average of 0.0064 day<sup>-1</sup>. LT value varied between 0.07 (S5) and 0.007 (S1).

When the growth parameters of chokeberry plants grown in peat medium with different irrigation water quality were analyzed, the SLA value varied between 134.19 (S1) and 61.33 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (S5) (Table 5). LAR value varied between 25.07 (S1) and 2.88 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (S5). The LWR value varied between 0.24 (S3) and 0.03 g g<sup>-1</sup> (S5). The highest SWR value was 1.22 g g<sup>-1</sup> (S5), and the lowest was 0.3 g g<sup>-1</sup> (S1). The highest mean RWR value of 0.92 g g<sup>-1</sup> was obtained in the S4 treatment. The highest NAR mean value was 0.00034 g cm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> in the control treatment. The highest RGR value was obtained in the S1 treatment (0.008 day<sup>-1</sup>), and the highest LT value was obtained in the S5 treatment (0.016 day<sup>-1</sup>).

**Table 5.** Descriptive statistics of growth parameters of chokeberry plants at different irrigation water quality in the peat medium.

Çizelge 5. Torf ortamında farklı sulama suyu kalitesinde aronya bitkilerinin büyüme parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri.

| Water Quality | SLA             |         |         | LAR               |         |         |
|---------------|-----------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
|               | Mean±SD         | Max     | Min     | Mean±SD           | Max     | Min     |
| S1            | 126.61±5.340    | 134.19  | 121.51  | 23.74±1.08        | 25.07   | 21.91   |
| S2            | 112.47±5.380    | 118.39  | 102.94  | 21.96±1.26        | 23.75   | 20.46   |
| S3            | 90.22±13.76     | 104.10  | 70.47   | 17.46±2.02        | 19.14   | 13.47   |
| S4            | 86.81±13.05     | 103.93  | 72.43   | 4.38±0.25         | 4.71    | 4.01    |
| S5            | 75.79±11.21     | 90.55   | 61.33   | 3.65±0.61         | 4.69    | 2.88    |
|               | LWR             |         |         | SWR               |         |         |
|               | Mean±SD         | Max     | Min     | Mean±SD           | Max     | Min     |
| S1            | 0.18±0.009      | 0.20    | 0.17    | 0.48±0.15         | 0.66    | 0.3     |
| S2            | 0.19±0.010      | 0.20    | 0.17    | 0.51±0.16         | 0.68    | 0.29    |
| S3            | 0.19±0.030      | 0.25    | 0.17    | 0.55±0.16         | 0.74    | 0.37    |
| S4            | 0.05±0.007      | 0.06    | 0.04    | 0.69±0.12         | 0.81    | 0.56    |
| S5            | 0.04±0.008      | 0.05    | 0.03    | 0.79±0.27         | 1.22    | 0.54    |
|               | RWR             |         |         | NAR               |         |         |
|               | Mean±SD         | Max     | Min     | Mean±SD           | Max     | Min     |
| S1            | 0.87±0.45       | 1.36    | 0.43    | 0.00034±0.00003   | 0.00038 | 0.0003  |
| S2            | 0.93±0.57       | 1.62    | 0.31    | 0.00026±0.00004   | 0.0003  | 0.00021 |
| S3            | 0.81±0.47       | 1.26    | 0.34    | 0.00023±0.00003   | 0.00028 | 0.00021 |
| S4            | 0.92±0.62       | 1.59    | 0.33    | 0.00019±0.000008  | 0.0002  | 0.00018 |
| S5            | 0.74±0.40       | 1.22    | 0.35    | 0.00017±0.0000008 | 0.00018 | 0.00016 |
|               | RGR             |         |         | LT                |         |         |
|               | Mean±SD         | Max     | Min     | Mean±SD           | Max     | Min     |
| S1            | 0.00800±0.00100 | 0.00930 | 0.0065  | 0.0079±0.0003     | 0.0082  | 0.0074  |
| S2            | 0.00570±0.00070 | 0.00600 | 0.004   | 0.008±0.0004      | 0.0097  | 0.0084  |
| S3            | 0.00410±0.00080 | 0.00510 | 0.0029  | 0.011±0.001       | 0.014   | 0.009   |
| S4            | 0.00083±0.00006 | 0.00090 | 0.0007  | 0.011±0.001       | 0.013   | 0.009   |
| S5            | 0.00062±0.00010 | 0.00079 | 0.00046 | 0.01±0.002        | 0.016   | 0.011   |

The parameters examined were affected by the salt doses applied and showed differences according to the treatments (Table 4, 5). The highest mean SLA value was 100.39 (S1) in soil medium and 126.61 (S1) in peat medium. The highest average LAR value was obtained in S1 treatment with 20.95 and 23.74 values in soil and peat media, respectively. The highest LWR value was 0.23 (S2) in soil and 0.19 (S2,S3) in peat medium. The highest mean SWR values were 0.33 and 0.79 (S5) in soil and peat media, respectively. RWR values of 0.53 (S4) and 0.93 (S2) were obtained in soil and peat media, respectively. The highest mean values of NAR and RGR, which represent good growth and development of the plant, were 0.00030 (S2) and 0.0064 (S2) in soil medium, 0.00034 (S1) and 0.008 (S1) in peat medium, respectively. LT value was obtained from S5 treatment with the highest mean value of 0.03 in soil and 0.01 in peat medium. In accordance with these results, it can be said that aronia plant shows a better development in peat medium at different irrigation water quality.

Correlation analysis was performed to determine the relationships between the growth parameters of chokeberry plants. The correlation analysis results of SLA, LAR, LWR, SWR, RWR, NAR, RGR, and LT of growth parameters of chokeberry plants grown in soil environment are given in Figure 1.

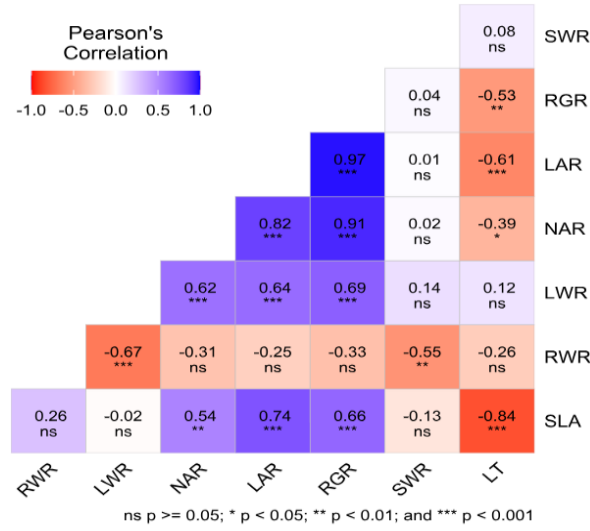


Figure 1. Results of correlation analysis of chokeberry plants in soil medium.

Şekil 1. Toprak ortamındaki aronya bitkilerinin korelasyon analizine ait sonuçlar.

According to Table 1, there is a positive relationship between LWR, LAR, and SLA. The relationship between LWR and LAR is significant at  $p < 0.001$  level. There is statistically significant relationship between LAR and SLA ( $p < 0.001$ ). Similarly, Öztürk and Demirsoy (2014) determined that there was a positive and statistically significant relationship between LWR, LAR, and SLA in strawberry. There was a negative and very strong relationship between LWR and RWR and a positive and insignificant relationship with SWR. There is a negative and significant relationship between LT, SLA, and LAR at  $p < 0.001$  level. Öztürk and Demirsoy (2014) found a negative and statistically significant relationship between LWR, RWS, and SWR at  $p < 0.01$  level. A positive and statistically very significant relationship was found between RGR, NAR, and LAR. Öztürk and Demirsoy (2014) similarly determined a positive and strong relationship between RGR and LAR.

The correlation of growth parameters of chokeberry plants grown in peat medium with different irrigation water quality is given in Figure 2.

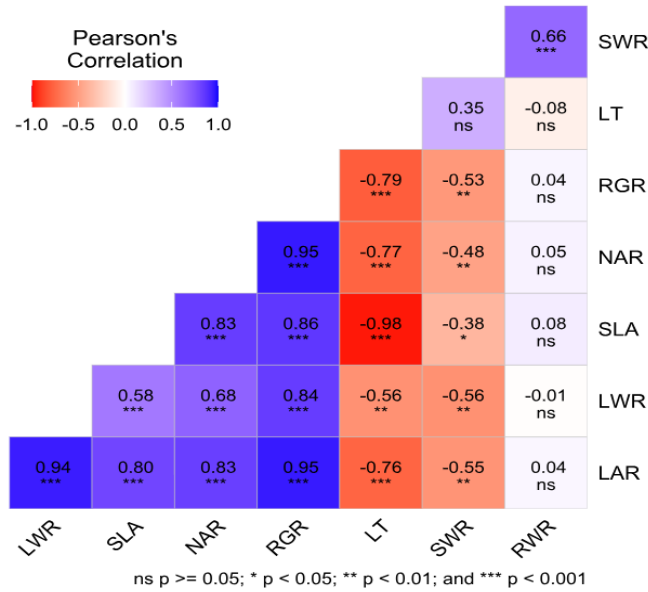


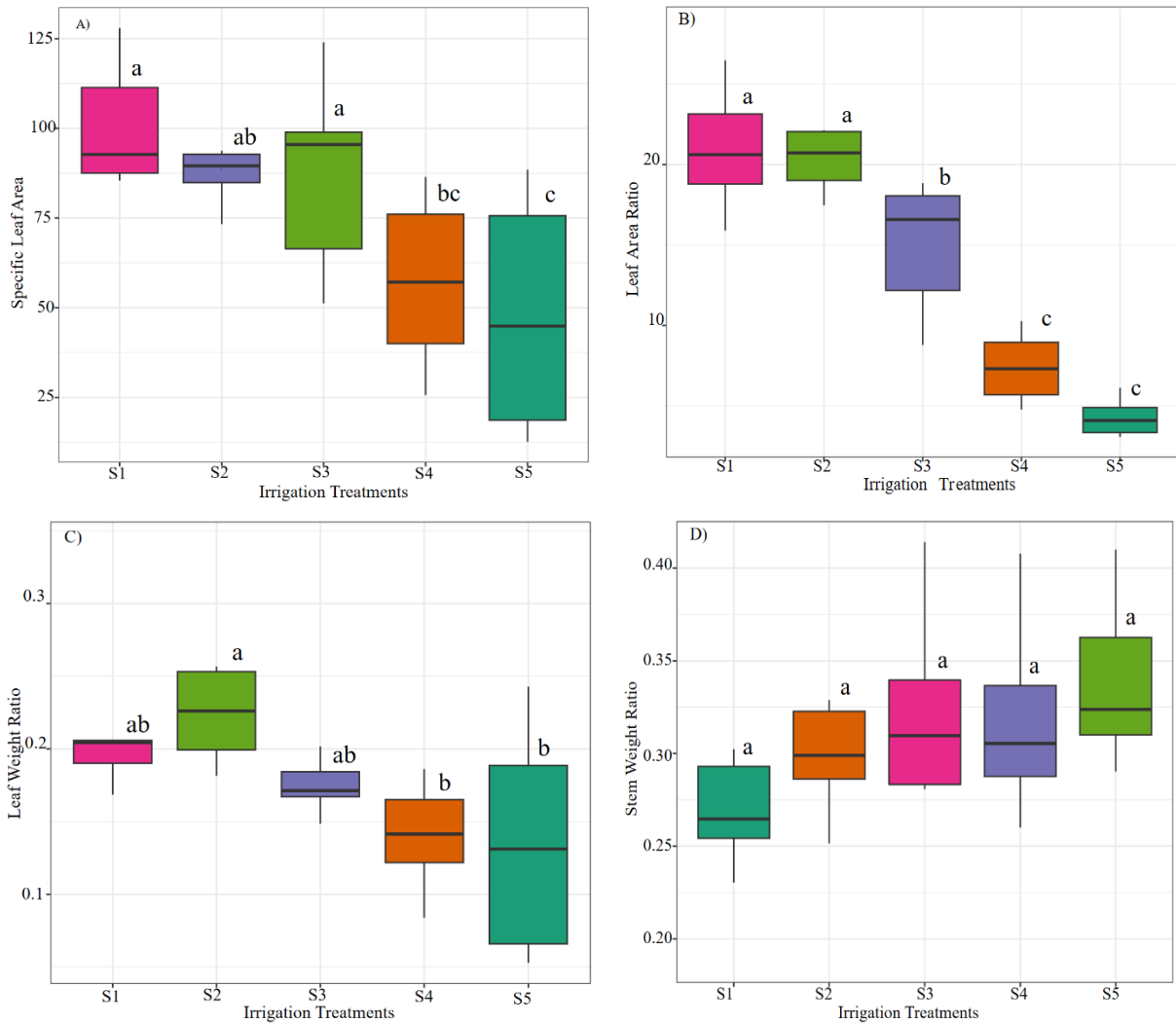
Figure 2. Results of correlation analysis of chokeberry plants in peat medium.

Şekil 2. Torf ortamındaki aronya bitkilerinin korelasyon analizine ait sonuçlar.



Correlation analysis results show us there is a positive relationship between LAR and LWR, SLA, NAR, and RGR at  $p<001$  significance level (Figure 2). There is a negative relationship between LWR and LT, SWR ( $p<0.01$ ), and RWR (ns). There is a negative and statistically very significant relationship between LT and LAR, LWR, SLA, NAR, and RGR. There is a strong positive relationship between RGR and LAR, LWR, SLA, and NAR at  $p<0.001$  significance level. In their study, Özbakır et al. (2012) found a positive and strong relationship between SLA and LAR, RWR and LAR and SLA, and RGR and NAR. Öztürk and Demirsoy (2014) determined a positive relationship between LAR, LWR, and SLA in parallel with our study. Uzun and Kar (2004) determined a negative relationship between LT, SLA, and LAR in their study.

The differences in growth parameters of the chokeberry plant in different irrigation water quality and soil conditions according to irrigation treatments are given in Figure 3.



**Figure 3.** Response of growth parameters of chokeberry in soil medium to treatments A) Specific leaf area, B) Leaf area ratio, C) Leaf weight ratio, D) Stem weight ratio, E) Root weight ratio, F) Net assimilation ratio, G) Relative growth rate.

Şekil 3. Torf ortamında aronyanın büyüme parametrelerine tepkisi A) Oransal yaprak oranı, B) Özgül yaprak alanı, C) Oransal yaprak ağırlığı, D) Oransal gövde ağırlığı, E) Oransal kök ağırlığı, F) Net asimilasyon oranı, G) Nisbi büyüme hızı.

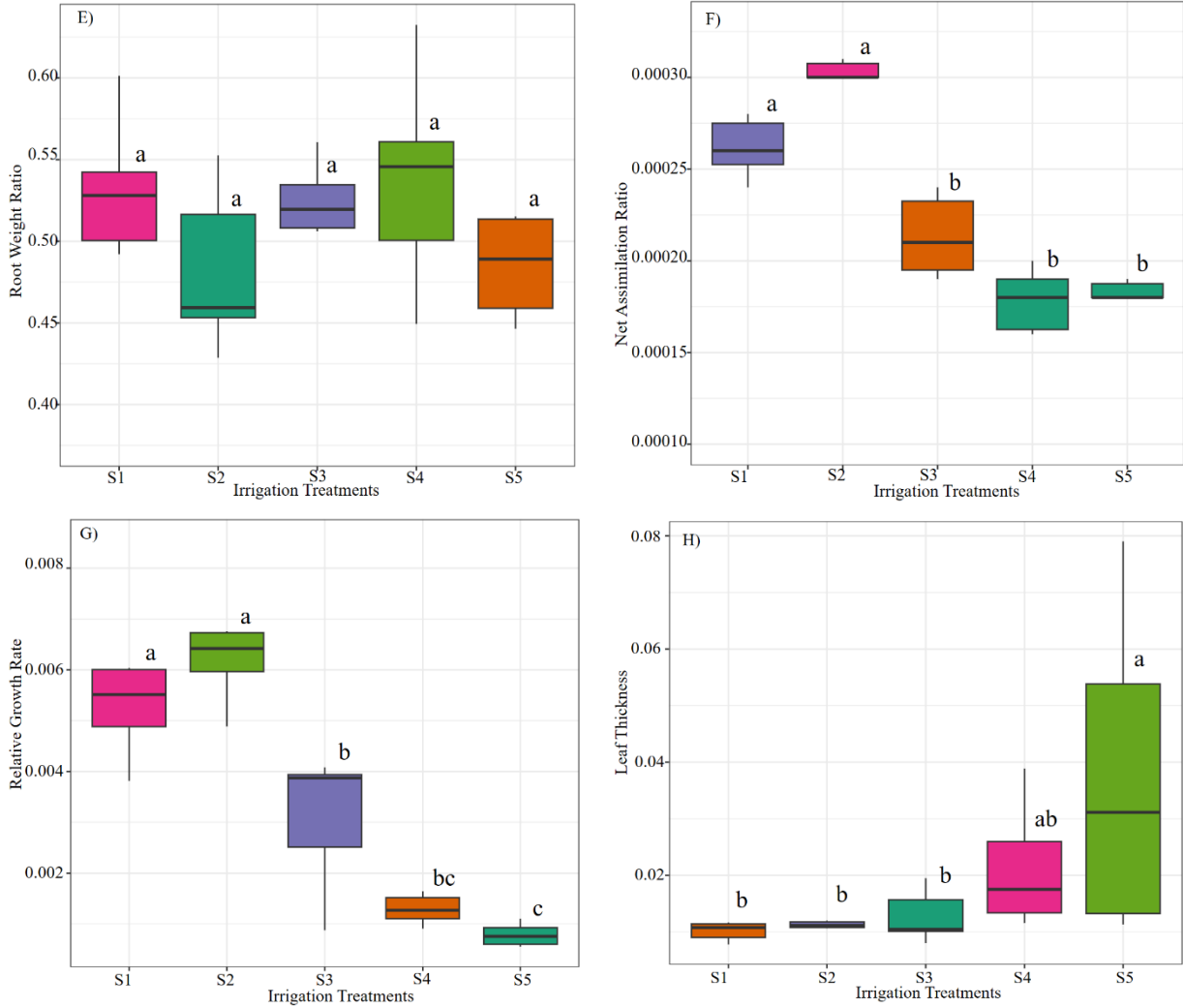
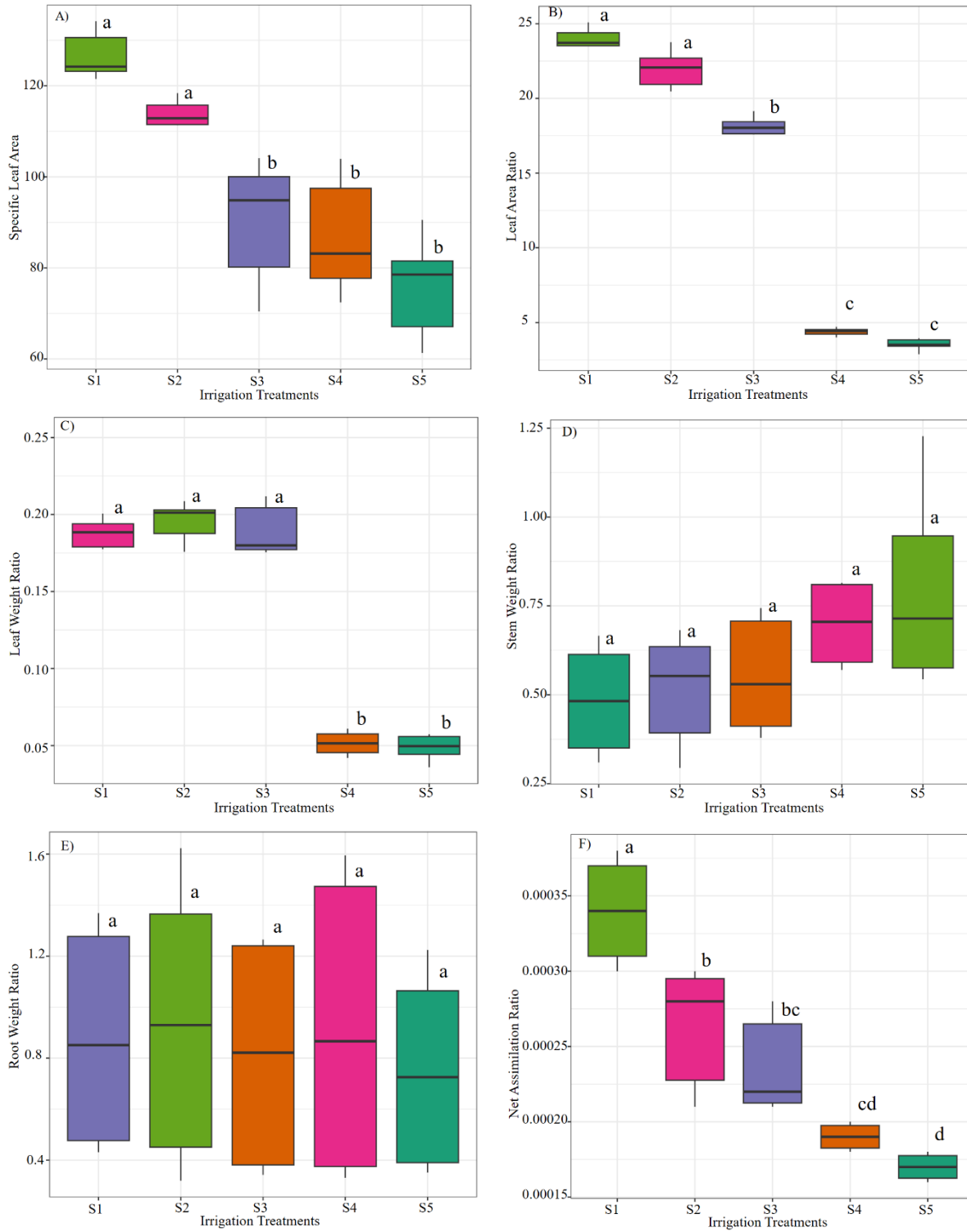


Figure 3. Continue.

Şekil 3. Devamu.

According to the SLA parameter of chokeberry plants in soil, statistical differences between the treatments can be seen (Figure 3, A). The highest SLA value was observed in S1 treatment while the lowest one was observed in S5 treatment. As irrigation water salinity increased, SLA decreased. For LAR value, control and S2 treatments were in the same the highest statistical group, while S4 and S5 treatments were in the same lowest statistical group (Figure 3, B). On the other hand, statistical differences were observed between treatments for LWR parameters, while there were no statistical differences between treatments for SWR and RWR parameters (Figure 3 C,D,E). When NAR was analyzed, control and S2 were in the same group, and S3, S4, and S5 were in the same group (Figure 3F). NAR and RGR reflect dry matter production and high yield (Thakur and Patel, 1998). When RGR and LT were analyzed, it was determined that there were statistical differences between treatments (Figure 3, G, H). Leaf thickness increased as irrigation water salinity increased.

The differences in growth parameters of chokeberry plants grown in peat medium against irrigation water of different quality are given in Figure 4.



**Figure 4.** Response of growth parameters of chokeberry in peat medium to treatments A) Specific leaf area, B) Leaf area ratio, C) Leaf weight ratio, D) Stem weight ratio, E) Root weight ratio, F) Net assimilation ratio, G) Relative growth rate.

Şekil 4. Torf ortamında aronyanın büyüme parametrelerine tepkisi A) Oransal yaprak oranı, B) Özgül yaprak alanı, C) Oransal yaprak ağırlığı, D) Oransal gövde ağırlığı, E) Oransal kök ağırlığı, F) Net asimilasyon oranı, G) Nisbi büyüme hızı.

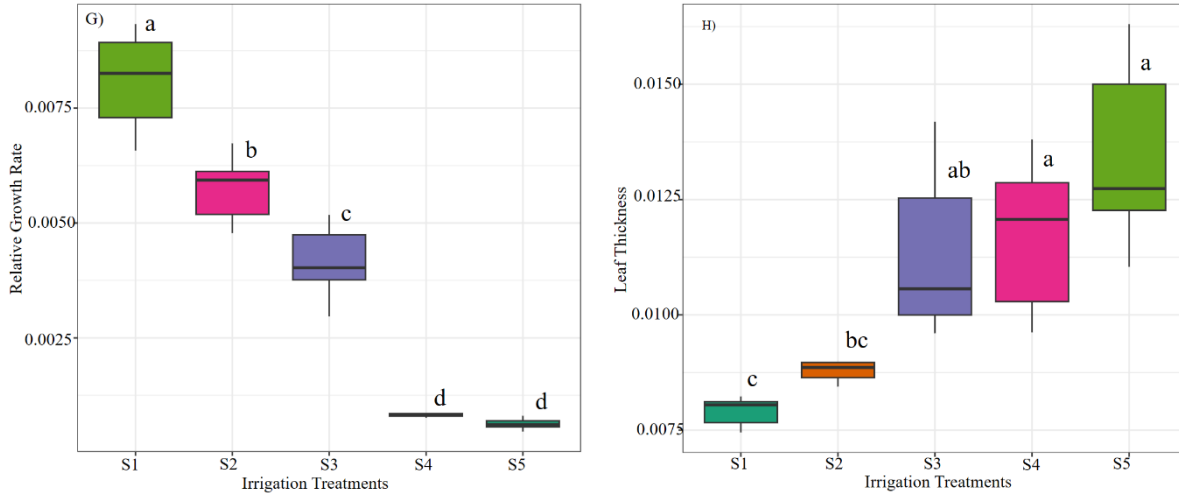


Figure 4. Continue.

Şekil 4. Devamı.

SLA parameters of chokeberry plants in peat medium showed statistical differences according to the treatments. SLA decreased as irrigation water salinity increased. This results agree with the Çırak and Esenal's (2006) results who concluded that plants reduce transpiration by decreasing leaf surface area in conditions where they cannot get water from the soil. Control and 2dS m<sup>-1</sup> were in the same statistical group in SLA and LAR parameters, while control, 2 and 4 dS m<sup>-1</sup> were in the same statistical group in LWR parameters. This situation can be explained by the fact that with increasing irrigation water salinity, the plants are subjected to a physiological drought and shrink the leaf surface to reduce transpiration. Ünlükara et al. (2017) evaluated the effect of greenhouse and outdoor environment on salinity tolerance of spinach and found that LAR and SLA were affected by salinity under both conditions. The decrease in leaf area per unit dry biomass due to salinity stress is consistent with this study. SWR and RWR were not statistically affected by increasing irrigation water salinity. NAR and RGR were statistically affected by irrigation water salinity, and there were differences between treatments. Studies have revealed that temperature and light affect NAR and RGR. Öztürk and Demirsoy (2014) determined that strawberry plants grown in the open field during the growth period had higher NAR values than those grown in the shade. Acock et al. (1978) and Uzun (1996) reported that NAR value increased with the increase in photosynthesis rate in intense light. As a result, it is thought that decreases in photosynthesis rate cause decreases in NAR and RGR values.

## CONCLUSION

Chokeberry plants showed different development according to irrigation water quality and growing medium. In the study, an increase in irrigation water salinity caused a decrease in root, stem, leaf fresh and dry weights, and leaf area. This decrease caused differences in SLA, LAR, LWR, SWR, RWR, NAR, RGR, and LT values, which are important evaluation parameters to reveal plant development. In both peat and soil mediums, the increased electrical conductivity of the irrigation water decreased leaf, stem, root weights, and leaf areas, which caused an increase in LWR, SWR, and LT values and decreases in SLA, LAR, NAR, RGR, and LWR values. RWR value increased with increasing salinity in the peat medium, while it showed a decreasing trend in the soil medium.

The interaction between water quality and growing medium had an effect on plant growth. NAR and RGR, which are the parameters that express plant growth most strongly, were affected by the growing medium and electrical conductivity of the irrigation water. According to the results, irrigation water quality and growing medium should be considered for plant growth and quality in chokeberry cultivation. NAR and RGR parameters reached their highest values in control (0.65 dS m<sup>-1</sup>) in the peat medium and 2 dS m<sup>-1</sup> (S2) in the soil medium. Considering that plants with high NAR and RGR values grow faster and show good development, irrigation water with an electrical conductivity of 0.65 dS m<sup>-1</sup> in peat medium and 2 dS m<sup>-1</sup>

in soil medium was found suitable for optimum development. The data obtained in this study to determine the effect of irrigation water salinity and medium effect on plant growth parameters will be useful in studies to determine the effect of irrigation water quality and medium on plant growth in chokeberry plants.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors have declared no conflict of interest.

#### DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

A.A. and B.C. contributed to the design and implementation of the research, to the analysis of the results, and to the writing of the manuscript.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Ondokuz Mayıs University for the financial support of the project (PYO.ZRT.1901.20.002).

#### REFERENCES

- Acock, B., Charles-Edwards, D. A., Fitter, D. J., Hand, D. W., Ludwig, L. J., Warren Wilson, J., & Withers, A. C. (1978). The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental examination of two canopy models. *Journal of Experimental Botany*, 29(4), 815-827.
- Brand, M. (2010). Aronia: Native shrubs with untapped potential. *Arnoldia*, 67(3), 14-25.
- Cemek, B., Demir, Y., & Uzun, S. (2005). Effects of greenhouse covers on growth and yield of aubergine. *European Journal of Horticultural Science*, 70(1), 16-22.
- Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G.D., & Yurtseven E. (2008a). Growth and evapotranspiration of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage*, 134(2), 160-166.
- Ünlükara, A., Cemek, B., & Karaman S. (2008b). Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. Crispa) to salinity of irrigation water. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36, 265-273.
- Cemek, B., Ünlükara, A., & Kurunç, A. (2011). Nondestructive leaf-area estimation and validation for green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different stress conditions. *Photosynthetica*, 49, 98-106.
- Cemek, B., Ünlükara, A., Kurunç, A., & Küçüktopcu, E. (2020). Leaf area modeling of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different stress conditions by soft computing approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105514.
- Çırak, C., & Esenal, E. (2006). Soyada kuraklık stresi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 231-237. <https://doi.org/10.7161/anajas.2006.21.2.231-237>
- Hardin, J. W. (1973). The enigmatic chokeberries (Aronia, Rosaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 178-184.
- Kıran, S., Çağla, A., Kuşvuran, Ş., & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2017). Aşılı ve aşısız patlıcan bitkilerinin tuzlu koşullardaki bazı fizyolojik ve verime yönelik parametreleri üzerinde incelemeler. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(1), 31-36.
- Li, X., Schmid, B., Wang, F., & Paine, C. T. (2016). Net assimilation rate determines the growth rates of 14 species of subtropical forest trees. *PLoS One*, 11(3), e0150644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150644>
- Öner, F., & Sezer, İ. (2007). Işık ve sıcaklığın mısırdada (*Zea mays* L.) büyüme parametreleri üzerine kantitatif etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 55-64.
- Özbakır, M., Balkaya, A., & Sezgin, U. (2012). Samsun ekolojik koşullarında sonbahar dönemi alabaş (*Brassica oleracea* Var. Gongyloides L.) yetiştiriciliğinde değişik tohum ekim zamanlarının büyüme üzerine kantitatif etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 55-63. <https://doi.org/10.7161/anajas.2012.27.2.55>
- Öztürk, A., & Demirsoy, L. (2006). Gölgelemenin camarosa çilek çeşidinde büyüme etkisinin kantitatif analizlerle incelenmesi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 283-288.
- Öztürk, A., & Demirsoy, L. (2014). Değişik gölgeleme uygulamalarının Sweet Charlie çilek çeşidinde büyüme etkisinin kantitatif analizlerle incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 87-99. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.87-99>
- Öztürk, A., Demirsoy, L., & Demirsoy, H. (2014). Çilekte net asimilasyon oranı ve nispi büyüme hızı üzerine değişik gölgeleme uygulamalarının etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 167-173. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.3.167-173>
- Thakur, D. S., & Patel, S. R. (1998). Growth and sink potential of rice as influenced by the split application of potassium with FYM in Inceptisols of eastern Central India. *Journal of Potassium Research*, 14(1), 73-77.
- Tunca, E., Köksal, E. S., Çetin, S., Ekiz, N. M., & Balde, H. (2018). Yield and leaf area index estimations for sunflower plants using unmanned aerial vehicle images. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7064-x>

- Uzun, S. (1996). *The quantitative effects of temperature and light environment on the growth, development and yield of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) and aubergine (Solanum melongena, L.)*. [Doctoral dissertation]. Reading University, England.
- Uzun, S. (1997). Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (I. Büyüme). *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 147-156.
- Uzun, S., & Kar, H. (2004). Quantitative effects of planting time on vegetative growth of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Pakistan Journal of Botany*, 36(4), 769-777.
- Ünlükara, A., Kurunc, A., & Cemek, B. (2015). Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(2), 167-176.
- Ünlükara, A., Yurtyeri, T., & Cemek, B. (2017). Effects of Irrigation water salinity on evapotranspiration and spinach (*Spinacia oleracea* L. Matador) plant parameters in greenhouse indoor and outdoor conditions. *Agronomy Research*, 15(5), 2183-2194.
- Walther, E., & Schnell, S. (2009). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*)-a special fruit crop. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen*, 14(4), 179-182.
- Won, J., Shin, H., Oh, Y., Han, H., Kim, K., Oh, S., & Kim, D. (2017). Comparison of quality and cell enlargement of Nero'black chokeberry fruits according to different soil water conditions. *Korean Journal of Plant Resources*, 30(1), 88-95. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2016.30.1.088>



## Potasyum Nitrat İçerikli Priming Uygulamasının Tuzlu Ortamlarda Korunga (*Onobrychis sativa* L.) Çimlenmesine Etkileri

Effects of Priming Application Containing Potassium Nitrate on Sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) Germination in Saline Conditions

Bekir Atar<sup>1</sup> , Derya Güloğlu<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 22.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 09.01.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Araştırma tuzlu ortamların ve priming uygulamalarının korunga tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerini belirlemek üzere laboratuvar ortamında yürütülmüştür. Çalışmada Özerbey ve Lütfibey korunga çeşitleri kullanılmıştır. Tuzlu ortamlara (0, 1.0- 2.5- 5.0 ve 10.0 g L<sup>-1</sup> NaCl) ekilen tohumların çimlenmeleri üzerine priming (kontrol- saf su- 100- 1000- 2000 ppm KNO<sub>3</sub>) etkileri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre 2.5 g L<sup>-1</sup> NaCl tuz konsantrasyonundan sonra çimlenme özellikleri belirgin şekilde olumsuz yönde etkilenmeye başlamıştır. Uygulamalar, kontrole göre çimlenme özelliklerini iyileştirmede etkili olurken en yüksek değerler saf su uygulamalarından elde edilmiştir. Normal ve tuzlu ortamlarda fide yaş ve kuru ağırlığı hariç diğer özelliklerde Özerbey çeşidi daha iyi performans göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Onobrychis sativa* L., priming, çimlenme, tuz konsantrasyonları (NaCl), Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>)

&

**Abstract:** The research was carried out in a laboratory environment to determine the effects of salty environments and priming on sainfoin germination. Özerbey and Lütfibey sainfoin varieties were used in the study. The effects of priming (control, distilled water, 100- 1000- 2000 ppm KNO<sub>3</sub>) on the germination of seeds planted in saline environments (0- 1- 2.5- 5.0 and 10.0 g L<sup>-1</sup> NaCl) were investigated. According to the results, after 2.5 g L<sup>-1</sup> NaCl salt concentration, germination properties started to be affected negatively. While the priming were effective in improving the germination properties compared to the control, the highest values were obtained in hydropriming. Özerbey cultivar performed better in normal and saline conditions, except for seedling fresh and dry weight.

**Key words:** *Onobrychis sativa* L., germination, salt concentrations (NaCl), priming, potassium nitrate (KNO<sub>3</sub>)

**Atıf/Cite as:** Atar, B., & Güloğlu, D. (2024). Potasyum nitrat içerikli priming uygulamasının tuzlu ortamlarda korunga (*Onobrychis sativa* L.) çimlenmesine etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 144-155. doi: 10.24180/ijaws.1394738

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup>Doç. Dr. Bekir Atar, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu,, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, bekiratar@isparta.edu.tr Sorumlu Yazar / Corresponding author

<sup>2</sup>Dr. Öğr. Üyesi Derya Güloğlu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu,, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, deryaguloglu@isparta.edu.tr

## GİRİŞ

Bitkiler, yaşam döngüleri süresince, yetiştirildikleri topraklarda ve yetiştirildikleri bölgelerde, büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyen ve stres olarak adlandırılan (Gürel ve Avcıoğlu, 2001) birçok sorunla karşılaşılırlar. Bressan (2008)'e göre stres faktörleri; kuraklık, tuzluluk, rüzgâr ve sıcaklık gibi abiyotik; böcekler ve hastalık etmenleri gibi biyotik stres faktörleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Kuraklıktan sonra tuzluluk tüm dünyada bitki gelişimi ve ürün verimliliğini kısıtlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisidir (Shabala ve Munns, 2012). Toprak yapısında doğal olarak bulunması, çok büyük alanlarda tarım yapılması, sulamalar veya toprağın yanlış ve aşırı kullanımına bağlı olarak ne yazık ki marjinal ve kurak alanlarda tuzluluk sorunu artmaktadır (Munns, 2011; Tanji ve Wallender, 2012; Hussain vd., 2016). NaCl ise en fazla biriken ve kültürü yapılan bitkileri en fazla etkileyen tuzdur (Munns ve Gilliam, 2015). Dünya topraklarının 1 milyar hektarının su ve toprak tuzluluğunun etkisi altında olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında, bu miktarın her yıl %10 oranında artış gösterdiği; 21. Yüzyılın ortalarına kadar ise, tuzluluk sorunuyla karşı karşıya kalan tarım alanlarının %50'sinin kaybolacağı tahmin edilmektedir (Munns ve Tester, 2008). Ülkemizde ise, 1.5 milyon ha alanda tuzluluk ve alkalilik (çoraklık) sorunu olduğu (Kendirli vd., 2005), bu alanın ülkemiz yüzölçümünün %2'sini, toplam işlenen tarım arazilerinin ise %5'ini oluşturduğu bildirilmiştir (Temel ve Şimşek, 2011). Kurak ve yarı kurak alanlarda tuzluluğun yaygınlaşması, toprak aşınımını küresel bir sorun haline getirmektedir (Martinez-Beltran ve Manzur, 2005).

Topraktaki yüksek tuz konsantrasyonlarını tolere edebilen ve tuzlu su ile sulamaya imkan veren halofit bitkilerin kullanımı, kurak ve yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir tarımı sağlamak açısından en önemli stratejilerden biridir (Koyro ve Eisa, 2008). Korunga (*Onobrychis sativa* L.), farklı iklim şartlarına dayanımı yüksek olan (Tan ve Serin, 2013; Dadaşoğlu ve Tosun, 2017), kurak ve yarı kurak alanlarda üretilebilen (Erkovan vd., 2016) bir baklagil yem bitkisidir. Doğal ve suni meralarda yetiştirilebilen korunga, kök yapısına bağlı olarak, toprağın derinliklerine inebilmekte, toprağın değişik katmanlarından yararlanabilmektedir. Nispeten tuza toleranslı bir bitki olarak kabul edilse de, diğer yem bitkisi türleriyle karşılaştırıldığında, özellikle fide döneminde tuz stresine hassastır (Temel vd., 2016). Tuzluluk gibi stres koşulları, bitkilerde morfolojik ve biyokimyasal değişikliklere neden olur. Farklı tohum uygulamaları çimlenme üzerinde olumlu etkilerde bulunabilmektedir. KNO<sub>3</sub>'ün tohum çimlenmesinde (Puppala ve ark., 2002), sürgün uzunluğunun artmasında (Ertem ve adak, 2022), domansinin kırılmasında (Ölmez ve ark., 2004) ve stres koşullarında savunma mekanizmaları üzerinde etkili olduğu (Shaykhi ve ark., 2015), bildirilmektedir. Bu çalışma potasyum nitrat içerikli tohum uygulamalarının tuz stresinde korunga bitkisinin çimlenmesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2023 yılında, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada Özerbey ve Lütfibey korunga çeşitlerine ait tohumlar kullanılmıştır.

### Ön İşlem Uygulamaları

Deneme öncesi tohumlar yüzey sterilizasyonu sağlamak amacıyla 10 dakika %2'lik (v v-1) sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde bekletilerek dezenfekte edilmiş, ardından 3 kez 5'er dakika saf suda çalkalanarak durulanmıştır (Bilgili vd., 2011). Denemede kullanılan petri kapları %70'lik etanolde 10 dakika bekletilerek sterilize edilmiş ve saf suyla durulanmıştır. Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) dozlarının tuz stresi karşısında çimlenme üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada 4 farklı KNO<sub>3</sub> (0-100-1000-2000 ppm) ile 5 farklı tuz (0 - 1.0 - 2.5 - 5.0 - 10.0 g L<sup>-1</sup> NaCl) dozları kullanılmıştır. Korunga tohumları KNO<sub>3</sub> ve saf su içinde, 16±2 °C sıcaklıkta ve karanlık koşullarda 18 saat süreyle bekletilmiştir. Ön işlemten sonra tohumlar 1 kez musluk suyuyla, 3 kez saf su ile durulanmış, fazla nemi alınmış ve başlangıç ağırlığına kadar kurutulmuştur.



**Çimlendirme Denemeleri**

Kurutulan korunga tohumları, 15 cm çapındaki steril petri kaplarına, Whatman filtre kağıdı arasına 20'şer adet 4 tekerrürlü olarak yerleştirilmiştir. Her petri kabına, hazırlanan farklı konsantrasyondaki tuz (0-1.0-2.5-5.0-10.0 g L<sup>-1</sup>) solüsyonlarından 5 ml olacak şekilde ilave edilmiş ve buharlaşmayı önlemek amacıyla petri kapları parafilm ile kaplanmıştır. Kontrol uygulamaları için aynı miktarda saf su kullanılmıştır. Petri kaplarında tuz birikimini önlemek amacıyla filtre kağıtları 2 günde bir değiştirilmiştir (Doğan ve Budaklı Çarpıcı, 2016). Değiştirilen filtre kağıtları aynı doz ve miktarda solüsyonlarla ıslatılmıştır. Çimlendirme dolabına koyulan petri kapları karanlık koşullarda 24 ±1 °C' de 7 gün süreyle çimlenmeye bırakılmıştır. Çıkış sayımları 2 gün arayla yapılmıştır. Kök uzunluğu 2 mm olan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çimlendirme denemeleri Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre kurulmuştur. Elde edilen verilerin analizi IBM SPSS İstatistik 25.0 paket programı kullanılarak yapılmış, ortalamalar arası farklılık Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (P<0.05) ile belirlenmiştir.

**Çimlenme Parametreleri**

Çimlenme Yüzdesi (Çimlenme oranı) (ÇY), % olarak aşağıdaki eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır ((Bewley ve Black, 1994).

$$\text{ÇY (\%)} = (\sum ni / N) \times 100 \quad (1)$$

ni = i. gündeki çimlenen tohum sayısı, N = teste konulan toplam tohum sayısı

Ortalama çimlenme süresi (OÇS), gün olarak eşitlik (2)'ye göre hesaplanmıştır((Bewley ve Black, 1994).

$$\text{OÇS (gün)} = \sum Dn / \sum n \quad (2)$$

D = Testin başlangıcından itibaren gün sayısı, n: D gününde çimlenen tohum sayısı.

Çimlenme Değeri (Çimlenme Hızı) (ÇD), % olarak eşitlik (3)'e göre hesaplanmıştır(Copeland ve McDonald, 2012)

$$\text{ÇD} = \sum n / d \quad (3)$$

n = Normal fide sayısı (d gününde elde edilen), d = testin başlangıcından itibaren gün sayısı

**İlk Sayım Testi (%)**, ilk sayım gününde (4. gün) çimlenen tohum sayısının toplam tohum sayısına oranı hesaplanarak bulunmuştur (ISTA, 2012). Kökçüğü en az 2 mm uzayan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir.

**Fide Yaş Ağırlığı (mg fide<sup>-1</sup>)**, denemenin 7. gününde çimlenen fidelerin ağırlıkları 0.001 hassaslıkta terazide tartılarak belirlenmiştir.

**Fide Kuru Ağırlığı (mg fide<sup>-1</sup>)**, yaş ağırlıkları alınan fideler, 70 °C'lik fırında 5 gün kurutulduktan sonra ağırlıkları ölçülmüştür.

**BULGULAR VE TARTIŞMA**

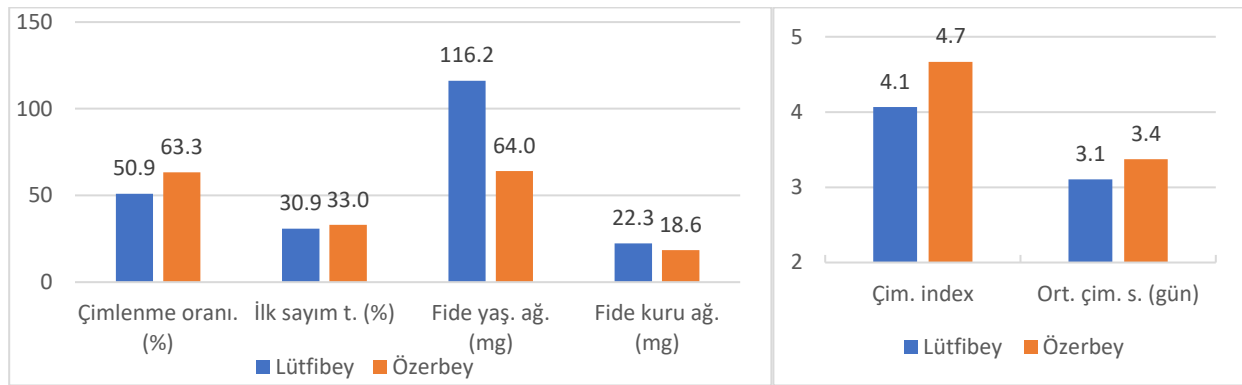
İlk sayım testi değerleri Özerbey çeşidinde daha yüksek bulunsa da çeşitler arasındaki fark önemli bulunmamıştır. İncelenen diğer tüm özellikler bakımından çeşitler, uygulamalar, tuz konsantrasyon ve interaksiyonla arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Özerbey çeşidinde çimlenme oranı, ilk sayım testi ve çimlenme indeksi daha yüksek bulunmuştur. Lütfibey çeşidinde ise ortalama çimlenme süresi daha kısa, fide yaş ve kuru ağırlıkları değerleri daha yüksek olmuştur. (Şekil 1). Fide yaş ağırlığı Lütfibey çeşidinde belirgin şekilde yüksek olmasına rağmen bu sonucun fide kuru ağırlığına yansımadağı görülmüştür. Bitkilerin tuz stresine karşı toleransı, bitki türlerine göre değişim gösterdiği gibi, aynı tür içinde de farklılıklar göstermektedir (Aşçı, 2011; Turhan ve Şeniz, 2010). Bitkilerin tuza gösterdiği reaksiyon, tuzdan etkilenme durumu, uygulanan tuz çeşidi ve miktarı (Dajic, 2006), çevre koşulları, bitki türü ve bitki çeşidine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Yılmaz vd., 2011).

**Çizelge 1.** İncelenen özelliklere ait varyans analiz tablosu.

Table 1. Variance analysis table of the examined traits.

|                      | Çeşit |        |      | Tuz |      |      | Uygulama |      |      | Çeş. x Tuz |      |      | Çeşit x Uyg. |      |      | Tuz x Uyg. |      |      |
|----------------------|-------|--------|------|-----|------|------|----------|------|------|------------|------|------|--------------|------|------|------------|------|------|
|                      | df    | F      | Sig. | df  | F    | Sig. | df       | F    | Sig. | df         | F    | Sig. | df           | F    | Sig. | df         | F    | Sig. |
| Çim. yüz. (%)        | 1     | 98.1   | .000 | 4   | 43.0 | .000 | 4        | 6.5  | .000 | 4          | 9.4  | .000 | 4            | 4.6  | .002 | 16         | 6.4  | .000 |
| Çim. indeksi         | 1     | 28.0   | .000 | 4   | 67.0 | .000 | 4        | 37.7 | .000 | 4          | 4.5  | .002 | 4            | 6.1  | .000 | 16         | 9.6  | .000 |
| Ort. çim. Süre (gün) | 1     | 13.0   | .000 | 4   | 37.9 | .000 | 4        | 65.6 | .000 | 4          | 4.4  | .002 | 4            | 15.3 | .000 | 16         | 3.5  | .000 |
| İlk sayım testi      | 1     | 2.1    | .155 | 4   | 44.6 | .000 | 4        | 47.0 | .000 | 4          | 5.5  | .000 | 4            | 4.8  | .001 | 16         | 8.1  | .000 |
| Fide yaş ağı. (mg)   | 1     | 100... | .000 | 4   | 37.1 | .000 | 4        | 20.0 | .000 | 4          | 11.8 | .000 | 4            | 6.8  | .000 | 16         | 10.8 | .000 |
| Fide kuru ağı. (mg)  | 1     | 98.6   | .000 | 4   | 5.1  | .001 | 4        | 5.1  | .001 | 4          | 3.6  | .009 | 4            | 6.1  | .000 | 16         | 3.5  | .000 |

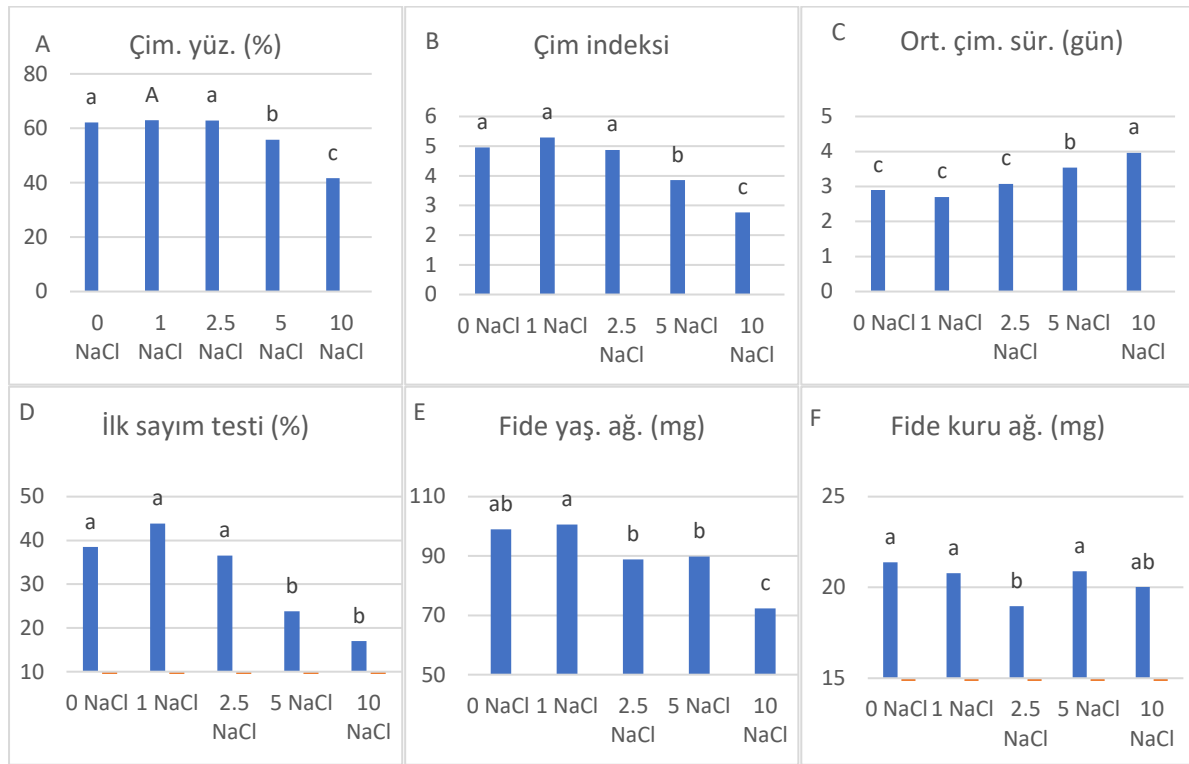


Şekil 1. Çeşitlerin çıkış özellikleri üzerine etkileri.

Figure 1. Effects on emergence characteristics of cultivars.

Çimlenme üzerine tuz konsantrasyonlarının etkisi değerlendirildiğinde; 0, 1 ve 2.5 g L<sup>-1</sup> tuz konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesi % 60 civarında gerçekleşmiştir (Şekil 2). Kontrol ile aynı grupta yer aldıklarından 1 ve 2 g L<sup>-1</sup> tuz konsantrasyonunun çimlenmeyi önemli ölçüde etkilemediği söylenebilir. Ancak artan tuz konsantrasyonlarında çimlenme oranındaki düşüşler belirgin olmuştur. 10 g L<sup>-1</sup> tuz konsantrasyonunda düşüş % 33'leri bulmuştur. Benzer durum çimlenme indeksi ve ilk sayım testinde de açık şekilde görülmektedir. Yüksek tuz konsantrasyonu ortalama çimlenme süresinin uzamasına neden olmuştur. Fide yaş ağırlığındaki düşüş 2.5 g L<sup>-1</sup> tuz konsantrasyonunda başlamıştır. Fide kuru ağırlığında ise sadece 2.5 g L<sup>-1</sup> dozunda düşüş önemli olurken diğer konsantrasyonlar arasında fark bulunmamıştır.

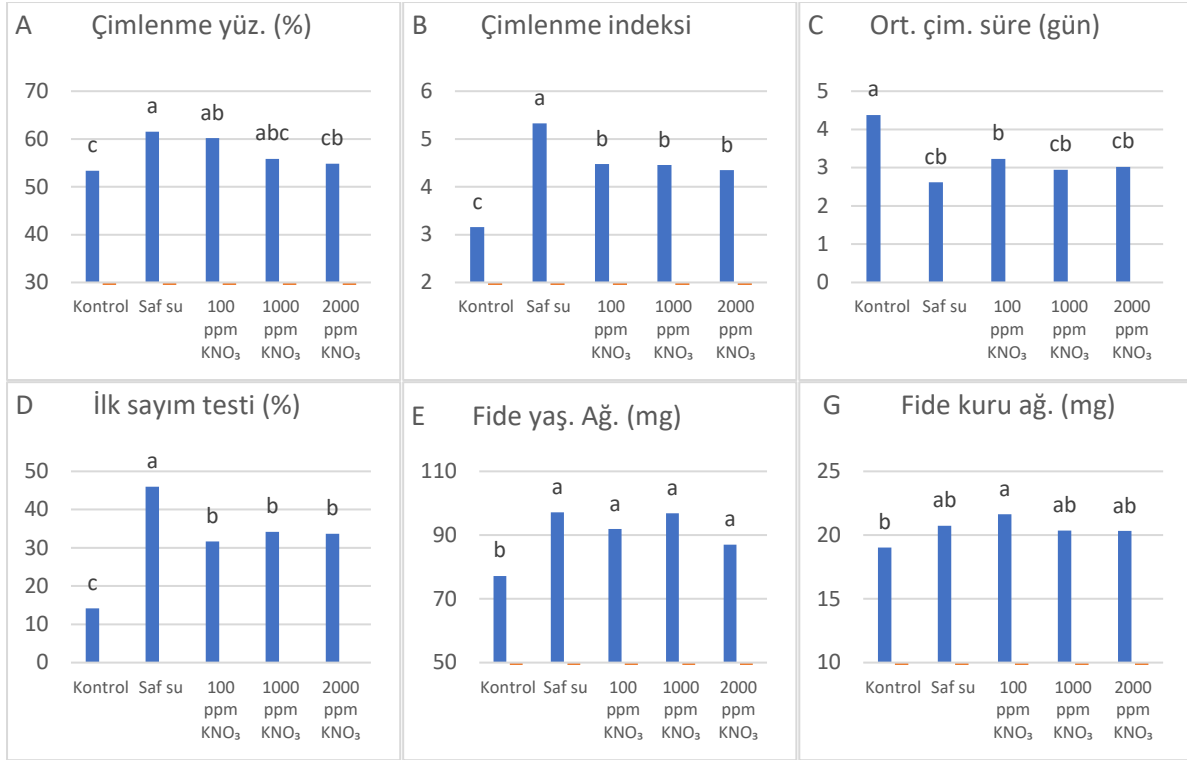
Çimlenme özellikleri üzerine potasyum nitrat içerikli priming uygulamalarının etkisi Şekil 3'de verilmiştir. Priming uygulamalarının çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, ilk sayım testi, fide yaş ve kuru ağırlıkları üzerinde anlamlı ve olumlu etkide bulunduğu görülmüştür. Ancak potasyum nitrat dozları arasında fark önemli olmamıştır. Bunun yanında saf su uygulamasının (hydropriming) genel olarak korunga çimlenmesi üzerine potasyum nitrat içerikli priming uygulamalarından daha etkili olduğu söylenebilir.



**Şekil 2.** Tuzun çimlenme özellikleri üzerine etkisi.

*Figure 2. Effect of salt on germination traits.*

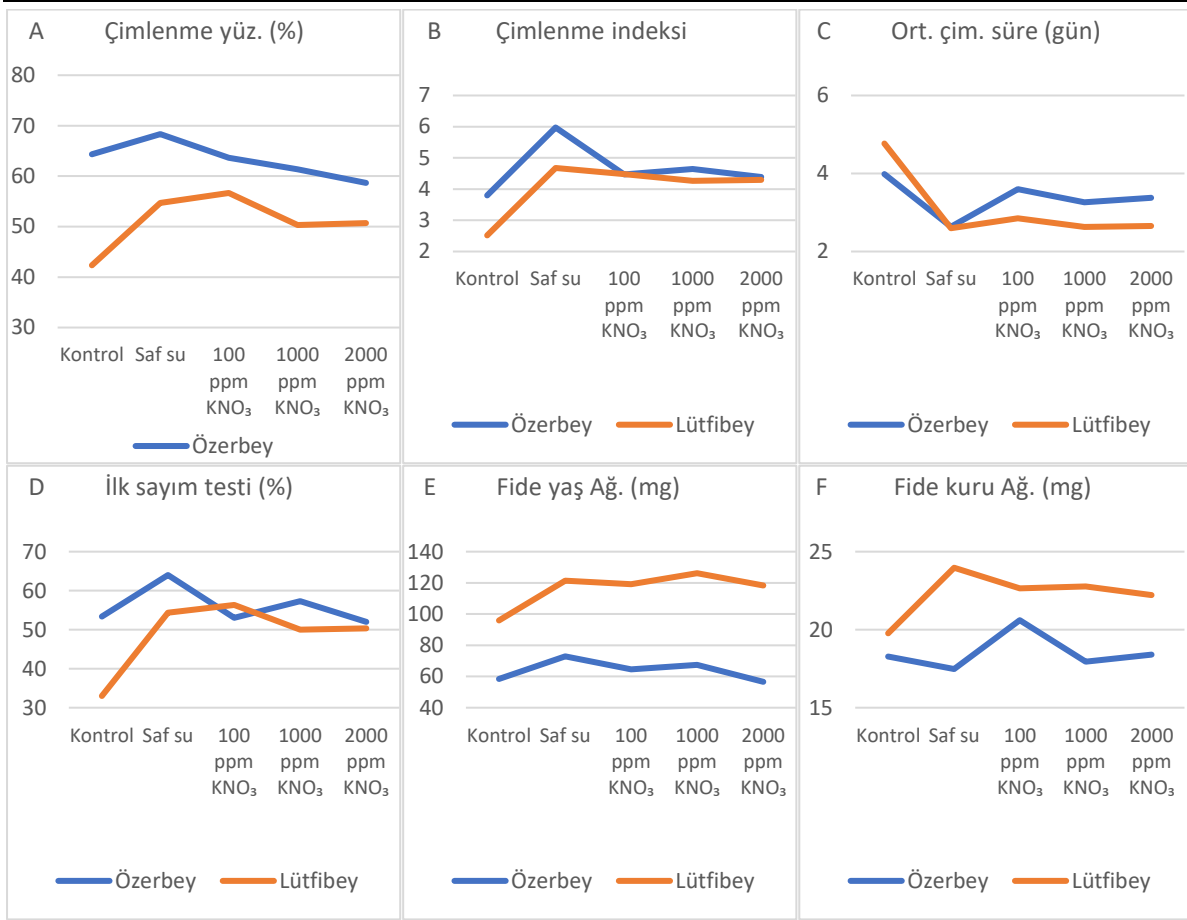
Çeşit x Uygulama interaksiyonu çimlenme yüzdesi bakımından incelendiğinde, Özerbey çeşidinde daha yüksek değerler bulunmasına karşılık, saf su uygulaması olumlu etkide bulunurken, potasyum nitrat dozlarında artan dozlara bağlı olarak çimlenme yüzdesi olumsuz etkilenmiştir. Lütfibey çeşidinde ise saf su ve 100 ppm KNO<sub>3</sub> uygulamaları daha belirgin olmak üzere tüm uygulamalar kontrole göre çimlenme oranını arttırmıştır. Benzer etki çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi ve ilk sayım testinde de görülmektedir. Fide yaş ve kuru ağırlık değerleri Lütfibey çeşidinde daha yüksek bulunmuştur. Uygulamaların etkileri Özerbey çeşidinde belirgin olmazken, fide ağırlıkları üzerine uygulamaların etkileri Lütfibey çeşidinde kontrole göre olumlu olmuştur (Şekil 4).



Şekil 3.Çimlenme özellikleri üzerine tohum uygulamalarının (priming) etkisi.

Figure 3. Effect of seed treatments (priming) on germination traits.

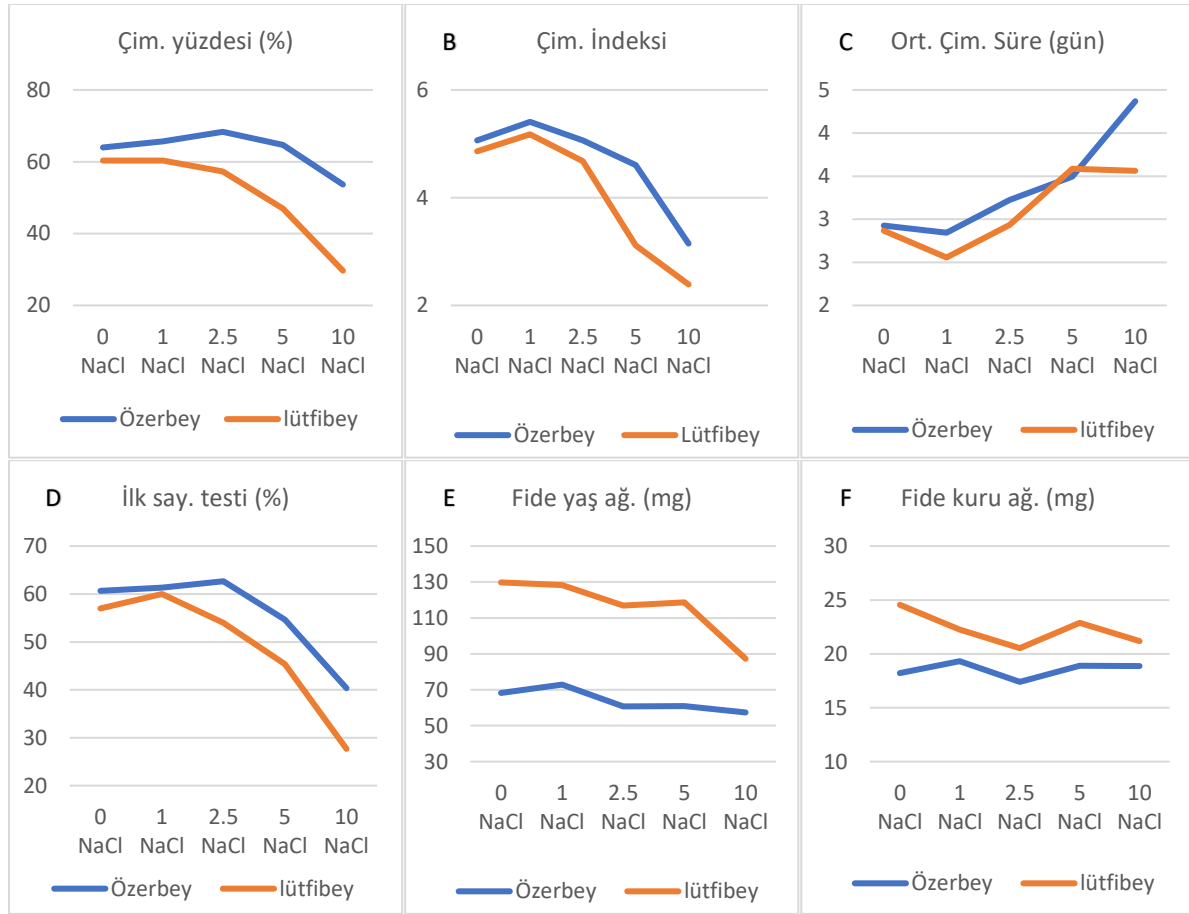
Çeşit x Tuz konsantrasyonu interaksyonu Şekil 5’de verilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonlarında fide yaş ve kuru ağırlığı hariç, incelenen diğer özelliklerde Özerbey çeşidinin değerleri daha yüksek bulunmuştur (Şekil 5). Fide yaş ve kuru ağırlık değerlerindeki azalma belirgin olarak 2.5 g L<sup>-1</sup> NaCl dozundan itibaren görülmektedir. Buna karşılık bazı özelliklerde 1 g L<sup>-1</sup> NaCl dozunda daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durumda NaCl’ nin korunganın çimlenmesi üzerine olumsuz etkilerinin 2.5 g L<sup>-1</sup> dozundan itibaren başladığı söylenebilir. Başka bir deyişle korunga bitkisi hafif tuzlu topraklarda çimlenme açısından sorun yaşamayacaktır. Tuz dozları, fide yaş ve kuru ağırlıklarını azaltsa da, bu azalış Lütfibey çeşidinde daha belirgindir.



**Şekil 4.**Çeşit x Uygulama interaksyonunun çimlenme özellikleri üzerine etkisi.

Figure 4. Effect of cultivar x treatment interaction on germination traits.

Tuz x Uygulama interaksyonu incelendiğinde; çimlenme özelliklerine, artan NaCl dozlarının olumsuz etkisi açıkça görülmektedir (Şekil 6). Bu olumsuz etkiyi azaltmada en etkili uygulamanın saf su uygulaması olduğunu söylemek mümkündür. Bu etki özellikle 10 g L<sup>-1</sup> NaCl dozunda daha belirgindir. Beklendiği üzere tuzun en olumsuz etkileri kontrol uygulamasında görülmektedir.

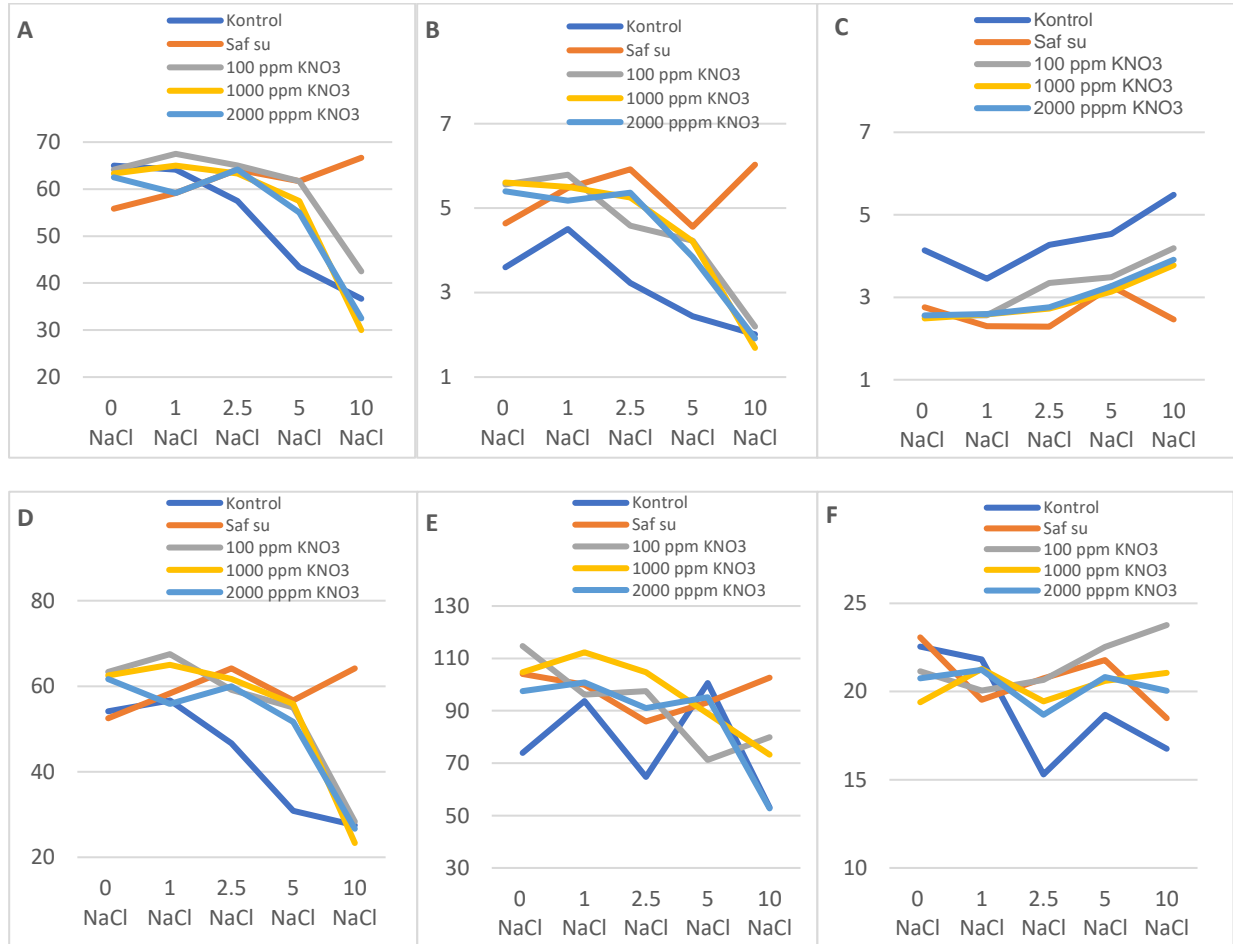


Şekil 5.Çeşit x Tuz interaksiyonunun korunganın çimlenme özellikleri üzerine etkisi.

Figure 5.Effect of cultivar x salt interaction on germination traits of sainfoin.

Bitkilerin tuz stresine karşı gösterdikleri direnç, yüksek tuz konsantrasyonlarında çimlenme, büyüme ve gelişmelerini tamamlayabilme yeteneği olarak belirlenmektedir (Parida ve Das, 2005). Bitkilerin tuz stresine karşı toleransı, bitki türlerine göre değişim gösterdiği gibi, aynı tür içinde de farklılıklar göstermektedir (Aşçı, 2011; Kuşçu vd., 2018; Turhan ve Şeniz, 2010; Yılmaz vd., 2011;). Çalışma sonuçlarında Özerbey ve Lütfibey çeşitleri arasında tuza dayanım yönünden farklılık olduğu, Özerbey çeşidinin tuza dayanımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi, aynı zamanda turgor, fotosentez ve bazı enzimlerin aktivitesini engelleyerek bitki gelişimine olumsuz etkide bulunmaktadır (Munns, 1992). Bu etki, iki evrede meydana gelir. Birinci evre, kök bölgesindeki yüksek tuz konsantrasyonunun neden olduğu osmotik etki tarafından yürütülürken, ikinci evre, yaprak dokularında biriken yüksek tuzun neden olduğu toksik etki tarafından yürütülür (Munns, 2005). Bu durum da, bitkinin topraktan mineral madde ve su alma kapasitesinin azalmasına neden olur (Munns vd., 2006). Bitki kök bölgesinde tuz iyonları biriktiğinde, bitki gelişimi sınırlanmaktadır (Parihar vd., 2015). Çalışmamız sonuçlarında artan tuz konsantrasyonlarında çimlenme oranı, ilk sayım testi, fide yaş ve kuru ağırlığı azalmıştır. Benzer şekilde çimlenme sürelerinin uzaması, çimlenme indeksinin azalması önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Thomas ve Middleton, 1993; Ertekin vd., 2017; Sandhu vd., 2017). Bu etkinin derecesi uygulanan tuzun çeşidi ve miktarına göre de değişiklik göstermektedir (Dajic, 2006; Temel vd., 2015). Tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak, çimlenme oranı, fide boyu, kök uzunluğu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlıklarında önemli azalmalar belirlenmiştir (Kara vd., 2011). Pek çok bitki türünde tuza karşı en hassas dönem çimlenme dönemidir (Khan vd., 2000; Kuşvuran vd., 2007; Zamani vd., 2010). Bunun ana nedeni tohum içerisine su alımının engellenmesidir (Aydınşakir vd., 2012). Tohum su alımının engellenmesi veya yavaşlaması doğal olarak ilk sayım testi değerlerinde düşük olmasına neden olmaktadır. Priming uygulamaları çimlenme sürecini kökçük çıkışına kadar ilerlettiği için sonraki çimlenme ortamı tuzlu bile olsa çimlenme oranı ve çimlenme indeksi artmakta, ortalama çimlenme süresi

kısalmaktadır (Ekren ve Güngör, 2020). Saf su uygulamasının çimlenme özellikleri üzerine  $\text{KNO}_3$  içeriklerine göre daha yüksek ya da aynı olmasının nedeni çimlenmenin ilk aşamasında tohumun yeterli kadar su alabilmiş olmasıdır. Çimlenme özellikleri üzerinde uygulamaların etkileri kontrole göre olumlu bulunmuştur.



**Şekil 6.** Uygulama x Tuz interaksiyonunun korunganın çimlenme özellikleri üzerine etkisi. (A) Çimlenme yüzdesi (%), (B) çimlenme indeksi, (C) Ortalama çimlenme süresi, (D) İlk sayım Testi (%), (E) Fide yaş ağırlığı (mg), (F) Fide kuru ağırlığı (mg)

Figure 6. Effect of treatment x salt interaction on germination traits of sainfoin. (A) Germination percentage (%), (B) Germination index, (C) Average germination time, (D) First count test (%), (E) Seedling wet weight (mg), (F) Seedling dry weight (mg)

## SONUÇ

Priming uygulamalarının korunganın çimlenme özellikleri üzerine etkileri olumlu olmuştur. Saf su uygulaması (hidropriming), potasyum nitrat içerikli priming uygulamalarından genel olarak daha etkili olmuştur. Potasyum nitrat dozları arasında etki bakımından belirgin fark bulunmamıştır. İncelenen özelliklerden çimlenme oranının, ilk sayım testinin ve çimlenme indeksinin yüksekliği dikkate alındığında çimlenmedeki gecikmeye rağmen tuz yönünden problemlerli arazilerde Özerbey çeşidinin kullanılması uygun görülmektedir. Korungada ekim öncesi priming uygulaması bitkinin ilk gelişim döneminde tuzluluktan kaynaklanan çimlenme sorunlarını çözmeye etkili olacaktır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit miktarda katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Aşçı, Ö. Ö. (2011). Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10(44), 8774-8781. <https://doi.org/10.5897/AJB11.596>
- Aydınşakir, K., Erdurmuş, C., Büyüktaş, D. & Çakmakçı, S. (2012). Tuz (NaCl) stresinin bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor*) çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 7-52.
- Bewley, J. D. & Black, M. (1994). *Dormancy and the control of germination*. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, Third Edition, 199-271.
- Bilgili, U., Carpici, E. B., Asik, B. B. & Celik, N. (2011). Root and shoot response of common vetch (*Vicia sativa* L.), forage pea (*Pisum sativum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) to salt stress during early seedling growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 33-38.
- Bressan, R. A. (2008). *Bitki Fizyolojisi*. Stres Fizyolojisi, Ankara, Palme Yayıncılık, 690p, 591-620.
- Copeland, L. O. & McDonald, M. F. (2012). *Principles of seed science and technology*. Springer Science & Business Media.
- Dadaşoğlu, E. & Tosun, M. (2017). Bazı bitki hormonlarının korunmada (*Onobrychis sativa* L.) in vitro özellikler üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(3), 267-278. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.185>
- Dajic, Z. (2006). Salt stress. In *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants* (pp. 41-99). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007>
- Doğan, R. & Budaklı Çarpıcı, E. (2016). Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı tritikale hatlarının çimlenmesi üzerine etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2), 130-135. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4225-6>
- Ekren, S. & Güngör, M. (2020). Tütün tohumuna uygulanan bazı iyileştirici ön uygulamaların çimlenme ve fide çıkış performansına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 591-598.
- Erkovan, H. I., Gullap, M. K., Erkovan, S., & Koc, A. (2016). Horned sainfoin (*Onobrychis cornuta* (L.) Desv.): is it an amusing or nuisance plant for steppe rangelands. *Ecology & Safety*, 10, 1314-7234. ISSN 1314-7234.
- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E. & Çeliktaş, N. (2017). Tuz stresinin bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 10-18. ISSN:1300-9362.
- Ertem, M., & Adak, S. (2021). Endemik *Verbascum linearilobum* türünde Gibberellik asit ve Potasyum Nitrat'ın Çimlenme ve Canlılık Üzerine Etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 173-195.
- Gürel, A. & Avcıoğlu, R. (2001). *Bitkilerde Dayanıklılık Fizyolojisi*. Bitki Biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları Kitabı. SÜ Vakfı Yayınları, 21. 308- 313.
- Hussain, M. I., Lyra, D. A., Farooq, M., Nikoloudakis, N. & Khalid, N. (2016). Salt and drought stresses in safflower: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0344-8>
- ISTA. (2012). *International rules for seed testing, edition 2012*. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Kara, B., Akgün, İ., & Altındal, D. (2011). Triticale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(1), 1-9.
- Kendirli B., Çakmak, B & Ucar, Y. (2005). Salinity in the Southeastern Anatolia Project (GAP), Turkey: Issues and Options. *Irrigation and Drainage*, 54: 115-122. <https://doi.org/10.1002/ird.157>
- Khan, M. A., Ungar, I. A. & Showalter, A. M. (2000). Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31, 2763-2774. <https://doi.org/10.1080/00103620009370625>
- Koyro, H. W. & Eisa, S. S. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant and Soil*, 302, 79-90. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9457-4>



- Kuşçu, H., Çayğaracı, A. & Ndayizeye, J. D. D. (2018). Tuz Stresinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 89-99.
- Kuşvuran, S., Ellialtıoğlu, S., Abak, K. & Yaşar, F. (2007). Responses of some melon (*Cucumis* sp.) genotypes to salt stress. *Journal of Agricultural Sciences –Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(4), 39-404.
- Martinez-Beltran, J. & Manzur, C.L. (2005). Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. In *Managing saline soils and water: science, technology and social issues*. Proceedings of the International salinity forum, Riverside, California, pp: 311-313.
- Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Reviews of Plant Biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Munns, R. (1992). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1993.tb00840.x>
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>
- Munns, R. (2011). Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. *Advances in Botanical Research*, 57, 1-32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00001-1>
- Munns, R., & Gilliam, M. (2015). Salinity tolerance of crops—what is the cost?. *New Phytologist*, 208(3), 668-673. <https://doi.org/10.1111/nph.13519>
- Munns, R., James, R. A. & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1025-1043. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj100>
- Olmez, Z., Yahyaoglu, Z. & Ucler, A. O. (2004). Effects of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> and GA<sub>3</sub> treatments on germination of caper (*Capparis ovate* Desf.) seeds. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(6), 879-882.
- Parida, A. K. & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324-349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P. & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. *Environmental science and Pollution Research*, 22, 4056-4075. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>
- Puppala, N., James, L. & Fowler, L. J. (2002). Lesquerella seed pretreatment to improve germination. *Industrial Crops and Products*, 17(1), 61-69.
- Sandhu, D., Cornacchione, M. V., Ferreira, J. F. & Suarez, D. L. (2017). Variable salinity responses of 12 alfalfa genotypes and comparative expression analyses of salt-response genes. *Scientific Reports*, 7(1), 42958. <https://doi.org/10.1038/srep42958>
- Shabala, S. & Munns, R. (2012). Salinity Stress: Physiological constraints and adaptive mechanisms. In: Shabala, S., Ed., *Plant Stress Physiology*, CAB International, Oxford, 59-93. <https://doi.org/10.1079/9781845939953.0059>
- Shaykhi, A. H., Nassiry, B. M. & Kachouei, M. A. (2015). Effect of some treatments on seed dormancy, germination and antioxidant enzymes of kelussia odoratissima mozaff. seeds. *Cercetari Agronomice in Moldova*, XLVIII 2 (162), 79-90.,
- Tan, M. & Serin, Y. (2013). Kaba yem olarak kullanılan tahılların besleme değerine yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1).
- Tanji, K. K. & Wallender, W. W. (2012). Nature and extent of agricultural salinity and sodicity. In: Wallender, W. W. & Tanji, K. K. (Eds.), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers (ASCE). <https://doi.org/10.1061/9780784411698>
- Temel, S. & Şimşek, U. (2011). Iğdır Ovası toprakların çoraklaşma süreci ve çözüm önerileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 21(2), 53-59.
- Temel, S., Keskin, B., Şimşek, U. & Yılmaz, İ. H. (2016). The effect of saline and non-saline soil conditions on yield and nutritional characteristics of some perennial legumes forages. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(4), 528-538. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001411](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001411)
- Temel, S., Keskin, B., Şimşek, U., & Yılmaz, İ. H. (2015). Bazı Çok Yıllık Yem Bitkisi Türlerinin m<sup>2</sup>'deki Bitki Çıkışına Halomorfik Toprak Koşullarının Etkisi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 12(1), 46-54.

- Thomas, D. S. G. & Middleton, N. J. (1993). Salinization: new perspectives on a major desertification issue. *Journal of Arid Environments*, 24(1), 95-105. <https://doi.org/10.1006/jare.1993.1008>
- Turhan, A. & Şeniz, V. (2010). Salt tolerance of some tomato genotypes grown in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3/4 part 1), 332-339.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L. & Brn, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliŐtirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 47-66.
- Zamani, S., Nezami, M. T., Habibi, D. & Khorshidi, B. (2010). Effect of quantitative and qualitative performance of four canola cultivars (*Brassica napus* L.) to salinity conditions. *Advances in Environmental Biology*, 4(3), 422-427.



## Korunga Genotiplerinin Makro Element İçerikleri Açısından İncelenmesi

### Investigation of Sainfoin Genotypes in Terms of Macro Element Content

Erdal Çağan<sup>1</sup> , Kağan Kökten<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 30.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Bazı korunga genotiplerinin makro element içeriklerinin belirlenmesi amacıyla bu araştırma yürütülmüştür. Araştırma, iki yıl süreyle (2017-2018) Bingöl ili koşullarında yürütülmüş ve bitkisel materyal olarak 13 adet korunga genotipi kullanılmıştır. Araştırmada, 2017-2018 yılları arasında iki yıl süreyle yetiştirilen 13 adet korunga genotipine ait kuru otun içerdiği fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) oranları ile Ca:P ve K:(Ca+Mg) değerleri incelenmeye alınmıştır. İncelenen bu özellikler açısından istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Fosfor, Ca:P ve K:(Ca+Mg) değerleri açısından genotipler ve yıllar arasında ortaya çıkan farklılıkların önemli, potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranları açısından genotipler arasındaki farklılıkların önemsiz, yıllar arasındaki farklılıkların da istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Genotip ve yıl interaksyonu ise sadece Ca:P değeri açısından önemli bulunmuştur. Genotipler arasında en yüksek fosfor oranını Yedisu ve Koç genotipleri vermiştir. En düşük Ca:P değerini Hilal, en düşük K:(Ca+Mg) değerini de Adaklı genotipleri vermiştir. Yıllar açısından bakıldığında; birinci yıl fosfor, potasyum ve K:(Ca+Mg) değerlerinin daha yüksek, ikinci yıl ise kalsiyum, magnezyum ve Ca:P değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak genotiplerin fosfor, kalsiyum, magnezyum ve K:(Ca+Mg) değerleri açısından ideal değerlere sahip oldukları, ancak potasyum oranlarının düşük ve Ca:P değerlerinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Onobrychis viciifolia*, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum

&

**Abstract:** This research was conducted to determine the macro element contents of some sainfoin genotypes. The study was conducted for two years (2017-2018) under the conditions of Bingöl province and 13 sainfoin genotypes were used as plant material. In the study, phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) ratios and Ca:P and K:(Ca+Mg) values in the hay of 13 sainfoin genotypes grown for two years between 2017-2018 were analyzed. It was determined that there were statistically significant differences in terms of these properties. It was observed that the differences between genotypes and years in terms of phosphorus, Ca:P and K:(Ca+Mg) values were significant, the differences between genotypes in terms of potassium, calcium and magnesium ratios were insignificant, and the differences between years were statistically significant. The genotype and year interaction were found to be significant only in terms of Ca:P value. Yedisu and Koç genotypes gave the highest phosphorus ratio among the genotypes. The lowest Ca:P value was given by Hilal and the lowest K:(Ca+Mg) value was given by Adaklı genotypes. In terms of years, it was observed that phosphorus, potassium and K:(Ca+Mg) values were higher in the first year and calcium, magnesium and Ca:P values were higher in the second year. As a result, it was determined that the genotypes had ideal values in terms of phosphorus, calcium, magnesium and K:(Ca+Mg) values, but their potassium ratios were low and Ca:P values were high.

**Keywords:** *Onobrychis viciifolia*, phosphorus, potassium, calcium, magnesium

**Atıf/Cite as:** Çağan, E. & Kökten, K. (2024). Korunga genotiplerinin makro element içerikleri açısından incelenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Dergisi, 10(1), 156-164. doi: 10.24180/ijaws.1398143

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Doç. Dr. Erdal Çağan, Bingöl Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, ecacan@bingol.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Kağan Kökten, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, kahafe1974@yahoo.com

## GİRİŞ

Korunga cinsine bağlı yaklaşık 100 adet tür bulunmaktadır. Bu türler arasında en fazla tarımı yapılan tür *Onobrychis viciifolia* Scop.'tur. Bu tür, halk arasında mukaddes ot veya evliya otu olarak da bilinmektedir (Manga vd., 2003). Kısa ömürlü ve çok yıllık bir yem bitkisi olan korunga, aynı zamanda iyi bir toprak muhafaza ve balözü bitkisidir. Ayrıca otlatmaya dayanıklı olduğu için iyi bir mera bitkisi, kuraklığa dayanıklı olduğu için iyi bir ekim nöbeti bitkisidir (Ekiz vd., 2011). Korunga, soğuğa ve kuraklığa dayanıklı olduğu için yoncanın yetişemediği fakir ve kireçli topraklarda yetişebilir. Ancak sulanabilir yerlerde verim yönünden yonca ile yarışamaz. Yoncadan farklı olarak korunga, hayvanlarda şişkinlik yapmaz. Bundan dolayı korunganın yeşil otu hayvanlara istenildiği kadar yedirilebilir (Soya vd., 2004).

Korunga kıraç şartlarda her yıl bir biçim verir. Bu şartlarda biçilen korungadan 1 000 kg da<sup>-1</sup> yeşil ve ortalama 250-300 kg da<sup>-1</sup> kuru ot alınır. Nemli bölgelerde ve sulanabilen yerlerde kuru ot verimi 500-1000 kg da<sup>-1</sup> bulabilir. Korunga ortalama 3-4 yıl yaşar ve en bol verimini ikinci ve üçüncü yılda verir. Dördüncü yılda seyrekleşir. Bu nedenle üçüncü yılın sonunda korunganın sürülerek yerine başka bir bitkinin yetiştirilmesi gerekmektedir (Açıkgöz, 2001, 2013). Türkiye İstatistik Kurumunun 2022 yılı verilerine göre ülkemizde korunganın 1.618.249 dekar alanda 1.786.207 ton yeşil ot üretimi yapılmaktadır. Dekar başına yeşil ot verimi ise 1.110 kg'dır. Araştırmanın yürütüldüğü Bingöl ilinde ise dekar başına verimin 1.651 kg olduğu kayıtlara geçmiştir (Anonim, 2023).

Kaba yemlerin mineral madde kapsamı açısından üzerinde en fazla durulan elementlerin başında fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gelmektedir (Orak vd., 2004). Fosfor bitkilerde fotosentez ve diğer metabolik olaylarda enerjinin aktarılmasını ve depolanmasını, generatif gelişiminin sağlanmasını, kuru madde oluşumunu ve depolanmasını sağlamaktadır (Lamberts vd., 2003; Geçer ve Yılmaz, 2011). Potasyumun bitkiler üzerinde hayati öneme sahip metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri vardır. Bu işlevler sayesinde bitkisel ürünlerin verimi ve kalitesi artar. Potasyum bitkilerde kök gelişimini teşvik eder, yatmayı önler, erkencilik sağlar, azotun etkinliğini artırır ve hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırır. Potasyum protein içeriğini artırmak koşuluyla gıda ve yem bitkilerinin besin değerini artırır ve meralarda yem bitkilerinin daha kaliteli olmasına yardım eder (Kacar, 2005).

Kalsiyum, bitki besin maddelerinin alınmasında, bitkilerde kök salgısı üzerinde ve bitki dokularının donma-çözünme stresine karşı korunmasında etkilidir. Yeterli kalsiyum olması durumunda bitkiler, hastalıklara karşı daha dayanıklı olur. Aynı zamanda kalsiyum bitkilerde protein oluşumunda ve karbonhidratların taşınmasında rol oynar (Plaster, 1982; Çepel, 1996; Kacar ve Katkat, 2010). Magnezyum, bitkilerde klorofilin yapısında yer alır. Bu nedenle magnezyum eksikliğinde klorofil miktarı düşer ve fotosentez yavaşlar. Bunun doğal sonucu olarak ta bitkilerde gelişme geriliği ve ürün miktarında azalma ortaya çıkar. Magnezyum eksikliğinde, bitkilerde protein sentezi de geriler (Aktaş ve Ateş, 1998; Özbek vd., 2001; Kacar ve Katkat, 2010). Kalsiyum ve fosfor arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Kalsiyum ile fosfor arasındaki oranın 2:1 veya 1:1 olması gerekmektedir (Miller ve Reetz, 1995). Benzer bir durum potasyum ve kalsiyum ile magnezyum arasında da bulunmaktadır. Bünyesinde fazla miktarda potasyum bulunan yemlerde K:(Ca+Mg) dengesi bozulmakta bunun sonucunda hayvanlarda "mera tetanozu" hastalığı ortaya çıkmaktadır (Ozkan vd., 2016).

Ülkemizde korunganın ot verimi, ot kalitesi, tohum verimi ve diğer tarımsal özelliklerinin belirlenmesi yönelik farklı zamanlarda ve farklı bölgelerde birçok çalışma yürütülmüştür (Türk ve Çelik, 2005; Erkovan ve Tan, 2009; Ertuş vd., 2012; Aksu Elmalı ve Kaya, 2012; Parlak Özaslan vd., 2014; Çeçen vd., 2015; Koç ve Akdeniz, 2017; Çağan vd., 2023). Korunganın yem kalitesi yüksek ve başta kalsiyum ve fosfor olmak üzere diğer besin elementlerince yüksek değerlere sahip olmasına (Ekiz vd., 2011) rağmen yukarıda verilen daha önceki çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, korungaların makro besin madde içerikleri ile ilgili yapılan çalışmaların az ve yetersiz düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu çalışma, korunga genotiplerinin sahip oldukları makro element içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, Bingöl Üniversitesi Genç Meslek Yüksekokulu Araştırma ve Uygulama Alanında 2017 ve 2018 yılları arasında iki yıl süreyle yürütülmüştür. Bingöl ili Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü Genç ilçesi, Bingöl il merkezine 20 km mesafede olup, alanının deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 986 m'dir. Araştırma alanı, 38.749460 Kuzey enlemi ile 40.536780 Doğu boylamı koordinatlarında yer almaktadır.

Çalışmada bitkisel materyal olarak bazı kurum ve kuruluşlardan temin edilen 2 adet tescilli çeşit, 6 adet çeşit aday ve 5 adet popülasyon olmak üzere toplam 13 adet genotip kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çeşit, çeşit aday ve popülasyonların temin edildikleri kaynaklar Çizelge 1'de verilmiştir.

Bingöl İl Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilen iklim verilerine göre, Bingöl ilinin uzun yıllar (1990-2015) ortalama sıcaklığının 12.3 °C, yağış miktarının 917.8 mm ve nem oranının ise %56.6 olduğu görülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü 2017-2018 yetiştirme sezonunda, uzun yıllar ortalamasının biraz üzerinde sıcaklık değerleri (12.8 °C ve 11.5 °C) ve uzun yıllar ortalamasının bir miktar altında nispi nem değerleri (%51.6 ve %54.1) ile yağış miktarları alınmıştır (709 mm ve 905 mm).

Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları, Sezen (1995) tarafından belirlenen sınır değerler esas alınarak değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda; toprak yapısının kumlu-killi-tınlı yapıda (%59.5 kum, %18.2 kil, %22.3 tın), pH değerinin nötr (7.26), az kireçli (%3.48), tuzsuz (0.34 mS cm<sup>-1</sup>), organik madde oranı orta (%2.1), fosfor (5.1 kg da<sup>-1</sup>) miktarının az ve potasyum (43.6 kg da<sup>-1</sup>) miktarının yeterli olduğu görülmüştür.

**Çizelge 1.** Araştırma materyali olarak kullanılan genotipler ve genotiplerin temin edildikleri kaynaklar.

Table 1. Genotypes used as research material and the sources from which the genotypes were obtained.

|    |                |                |   |
|----|----------------|----------------|---|
| 1  | Lütifbey       | Tescilli çeşit | Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü |
| 2  | Peschanyj 1251 | Tescilli çeşit | Maro Tarım İnş. ve San. A.Ş.              |
| 3  | Emre           | Çeşit aday     | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü         |
| 4  | Hilal          | Çeşit aday     | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü         |
| 5  | Fatih          | Çeşit aday     | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü         |
| 6  | Mehmetalibey   | Çeşit aday     | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü         |
| 7  | Koç 1461       | Çeşit aday     | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü         |
| 8  | Yunus          | Çeşit aday     | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü         |
| 9  | Genç           | Popülasyon     | Bingöl ili Genç İlçesi                    |
| 10 | Adaklı         | Popülasyon     | Bingöl ili Adaklı İlçesi                  |
| 11 | Yedisu         | Popülasyon     | Bingöl ili Yedisu İlçesi                  |
| 12 | Ankara         | Popülasyon     | Ankara ili                                |
| 13 | Tarım          | Popülasyon     | Bingöl il Tarım Müdürlüğü                 |

Araştırmaya ait tarla denemesi 06.04.2016 tarihinde, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her parselin boyu 5 metre, her parselde 6 sıra ve sıralar arası 30 cm olacak şekilde ekim işlemi yapılmıştır. Dekara 10 kg olacak şekilde tohumluk hesaplanıp, el markörü yardımıyla açılan her sıraya 10 gram tohum ekimi yapılmıştır. Ekim ile birlikte deneme alanına 4 kg azot ve 10 kg fosfor gübrelemesi yapılmıştır (Tan ve Sancak, 2009). Bingöl ilinde yazlar oldukça sıcak ve kurak geçmektedir. Bu koşullarda korunganın susuz yaşama şansı olmadığından, tarla denemesi sulu koşullarda yürütülmüştür. Çalışmada 2016 yılı tesis yılı olduğu için herhangi gözlem alınamamıştır. Yabancı otlarla mücadele için iki defa temizlik biçimi yapılmıştır. İkinci yıl hasat 29.05.2017 tarihinde, üçüncü yıla ait hasat ise 27.05.2018 tarihinde ve tam çiçeklenme döneminde yapılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma 2016 yılında kurulmuş olmasına rağmen sadece 2017 ve 2018 yıllarına ait veriler değerlendirmeye alınmıştır.

Korunga ikinci biçim için çiçeklenme aşamasına geçemediğinden, her iki yılda da sadece birer biçim alınabilmiştir. Her parselden biçilen yeşil ot numunelerinden 0.5 kg örnekler alınarak kurutma fırınında 70 °C'de 48 saat (Anonim, 2001) tutularak kurutulmuştur. Kurutulan ot örnekleri öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. NIRS (near infrared spectroscopy) cihazı yardımıyla ve C-0904FE kalibrasyon seti kullanılarak fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranları belirlenmiştir (Basbag vd., 2023; Çaçan vd., 2023; Sayar

ve Han, 2023). Ca:P ve K/(Ca+Mg) içerikleri ise hesaplanarak elde edilmiştir (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2020; Sayar ve Han, 2023).

Çalışma neticesinde elde edilen bulgular JMP istatistik paket programı yardımıyla üç tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine uygun olarak varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları Tukey testi ile karşılaştırılmıştır. Aynı program yardımıyla incelenen özellikler arasında korelasyon analizi yapılmıştır (JMP, 2018).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Korunga genotiplerinde tespit edilen fosfor ve potasyum oranları Çizelge 2’de verilmiştir. Fosfor içeriği açısından korunga genotipleri ile yıllar arasında, potasyum içeriği açısından ise sadece yıllar arasında tespit edilen farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu, hem fosfor hem de potasyum açısından yıl x genotip interaksiyonunun önemsiz olduğu görülmektedir. En yüksek fosfor oranı %0.39 oranı ile Yedisu genotipinden, en düşük değer ise %0.34 ile Genç genotipinden elde edilmiştir. Geriye kalan diğer tüm genotipler de istatistiksel olarak en yüksek değeri veren grup içerisinde yer almıştır. 2017 yılında elde edilen fosfor oranının, 2018 yılında elde edilen fosfor oranından istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Yıl ve genotiplerin ortalaması olarak da %0.37 oranında fosfor oranı elde edildiği belirlenmiştir. Potasyum oranı açısından genotipler arasında istatistiksel bir farklılık olmayıp, potasyum oranı genotipler arasında %1.90-2.31 arasında değişim göstermiştir. Yıllar açısından bakıldığında 2017 yılında alınan potasyum değerinin 2018 yılına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yıl ve genotiplerin ortalaması olarak da potasyum oranı %2.10 olarak elde edilmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Korunga genotiplerinde tespit edilen fosfor ve potasyum oranları.

Table 2. Phosphorus and potassium ratios detected in sainfoin genotypes.

| Genotipler   | Fosfor (%)    |               |   | Potasyum (%)  |               |             |
|--|---------------|---------------|---|---------------|---------------|-------------|
|  | 2017          | 2018          | Ortalama  | 2017          | 2018          | Ortalama    |
| 1 Adaklı   | 0.37          | 0.32          | 0.35 ab   | 1.99          | 1.91          | 1.95        |
| 2 Ankara   | 0.39          | 0.36          | 0.37 ab   | 2.19          | 2.05          | 2.12        |
| 3 Emre   | 0.39          | 0.35          | 0.37 ab   | 2.35          | 2.04          | 2.20        |
| 4 Fatih  | 0.39          | 0.35          | 0.37 ab   | 2.18          | 1.95          | 2.07        |
| 5 Genç   | 0.33          | 0.34          | 0.34 b  | 1.78          | 2.06          | 1.92        |
| 6 Hilal  | 0.38          | 0.37          | 0.37 ab   | 2.24          | 2.18          | 2.21        |
| 7 Koç 1461   | 0.39          | 0.37          | 0.38 ab   | 2.17          | 2.12          | 2.15        |
| 8 Lütfibey   | 0.39          | 0.35          | 0.37 ab   | 2.18          | 2.00          | 2.09        |
| 9 Mehmetalibey   | 0.38          | 0.36          | 0.37 ab   | 2.24          | 1.96          | 2.10        |
| 10 Peschanyj 1251  | 0.34          | 0.35          | 0.35 ab   | 1.78          | 2.02          | 1.90        |
| 11 Tarım   | 0.38          | 0.36          | 0.37 ab   | 2.38          | 2.17          | 2.27        |
| 12 Yedisu  | 0.42          | 0.36          | 0.39 a  | 2.52          | 2.11          | 2.31        |
| 13 Yunus   | 0.38          | 0.33          | 0.36 ab   | 2.23          | 1.86          | 2.05        |
| <b>Ortalama</b>  | <b>0.38 A</b> | <b>0.35 B</b> | <b>0.37</b>   | <b>2.17 A</b> | <b>2.03 B</b> | <b>2.10</b> |
| CV (%): 6.38, P değeri (genotip): 0.0230, P değeri (yıl): 0.0001, P değeri (genotip x yıl): 0.1916 |               |               | CV (%): 11.53, P değeri (genotip): 0.0952, P değeri (yıl): 0.0161, P değeri (genotip x yıl): 0.3580 |               |               |             |

\* Aynı satır ve sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel önemsizdir. P: Önem düzeyi, CV: Varyasyon katsayısı

Korunga genotiplerinde tespit edilen kalsiyum ve magnezyum oranları Çizelge 3’te verilmiştir. Kalsiyum ve magnezyum oranları açısından sadece yıllar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu, genotipler arasındaki farklılık ile yıl x genotip interaksiyonunun önemsiz olduğu görülmüştür. 2018 yılında elde edilen %1.95 kalsiyum oranı ile %0.33 magnezyum oranının, 2017 yılında elde edilen %1.74 kalsiyum oranı ile %0.29 magnezyum oranından istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Genotip ve yılların ortalaması olarak da kalsiyum oranı %1.84 ve magnezyum oranı da %0.31 olarak elde edilmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Korunga genotiplerinde tespit edilen kalsiyum ve magnezyum oranları.  
*Table 3. Calcium and magnesium ratios detected in sainfoin genotypes.*

| Genotipler        | Kalsiyum (%) |        |          | Magnezyum (%) |        |          |
|-------------------|--------------|--------|----------|---------------|--------|----------|
|                   | 2017         | 2018   | Ortalama | 2017          | 2018   | Ortalama |
| 1 Adaklı          | 1.79         | 1.96   | 1.88     | 0.30          | 0.35   | 0.33     |
| 2 Ankara          | 1.60         | 2.08   | 1.84     | 0.29          | 0.37   | 0.33     |
| 3 Emre            | 1.77         | 1.93   | 1.85     | 0.30          | 0.31   | 0.31     |
| 4 Fatih           | 1.77         | 1.97   | 1.87     | 0.29          | 0.33   | 0.31     |
| 5 Genç            | 1.66         | 1.93   | 1.79     | 0.29          | 0.33   | 0.31     |
| 6 Hilal           | 1.75         | 1.82   | 1.78     | 0.29          | 0.30   | 0.30     |
| 7 Koç 1461        | 1.72         | 1.92   | 1.82     | 0.30          | 0.33   | 0.31     |
| 8 Lütfibey        | 1.80         | 1.94   | 1.87     | 0.31          | 0.33   | 0.32     |
| 9 Mehmetlibey     | 1.83         | 1.90   | 1.86     | 0.30          | 0.31   | 0.31     |
| 10 Peschanyj 1251 | 1.65         | 1.96   | 1.81     | 0.27          | 0.34   | 0.30     |
| 11 Tarım          | 1.74         | 1.93   | 1.83     | 0.27          | 0.32   | 0.30     |
| 12 Yedisu         | 1.75         | 1.96   | 1.85     | 0.31          | 0.34   | 0.32     |
| 13 Yunus          | 1.72         | 2.08   | 1.90     | 0.29          | 0.34   | 0.32     |
| <b>Ortalama</b>   | 1.74 B       | 1.95 A | 1.84     | 0.29 B        | 0.33 A | 0.31     |

CV (%): 5.82, P değeri (genotip): 0.8037, P değeri (yıl): 0.0001, P değeri (genotip x yıl): 0.1035 CV (%): 6.13, P değeri (genotip): 0.0754, P değeri (yıl): 0.0001, P değeri (genotip x yıl): 0.0636

\* Aynı satır ve sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel önemsizdir. P: Önem düzeyi, CV: Varyasyon katsayısı

Genotiplerin fosfor içerikleri açısından farklılık göstermesi, genotiplerin toprakta bulunan fosfor oranından istifade etme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Genotiplerden elde edilen fosfor ve potasyum oranlarının ikinci yıl düşüş göstermesi ise birinci yıl genotiplerin topraktan besin elementlerini almaları sonucunda toprakta bulunan fosfor ve potasyum oranlarının azalması ile açıklanabilir. Fosfor ve potasyum oranlarının yüksek olduğu yıllarda kalsiyum ve magnezyum oranlarının düşük olarak elde edildiği, aynı şekilde fosfor ve potasyum oranlarının düşük olduğu yıllarda da kalsiyum ve magnezyum oranlarının yüksek olarak elde edildiği görülmektedir. Dolayısıyla fosfor ve potasyum ile kalsiyum ve magnezyum arasında ters bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2, Çizelge 3).

Ruminant hayvanlarda fosfor yetersizliğinde idrar yolu sorunları ve tahta, çuval gibi yem değeri olmayan maddeleri yeme eğilimi; potasyum yetersizliği durumunda kasların zayıflaması, sallantılı yürüyüş, ishal ve zayıflama; kalsiyum yetersizliğinde, kalsiyum fosforla birlikte hayvanlarda kemik ve dişlerin oluşumunda rol aldığı için, kemik gelişiminin gerilemesi; magnezyum yetersizliğinde ise büyümede gecikme, iştah azalması, kaslarda koordinasyon bozukluğu gibi problemler ortaya çıkmaktadır (Kutlu vd., 2005).

Hayvanların makro element ihtiyaçlarının minimum düzeyde karşılanabilmesi için baklagil yem bitkilerinde fosfor oranının %0.31, potasyum oranının %3.00, kalsiyum oranının %1.30 ve magnezyum oranının %0.26 oranında olması gerekmektedir (Muller, 2023). Bu çalışmada korunga genotiplerinin fosfor oranları %0.34-0.39, potasyum oranları %1.90-2.31, kalsiyum oranları %1.78-1.90 ve magnezyum oranları %0.30-0.33 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 2, Çizelge 3). Bu açıdan bakıldığında korunga genotiplerinde elde edilen potasyum oranının düşük, fosfor, kalsiyum ve magnezyum oranlarının ise yeterli seviye olduğu görülmektedir.

Daha önce korunga genotipleri ile ilgili yürütülen benzer çalışmalara bakıldığında; Vuckovic vd. (2006) fosfor oranını %0.20-0.36, potasyum oranını %1.48-2.09, kalsiyum oranını %0.91-1.43, magnezyum oranını %0.14-0.26 ve K:(Ca+Mg) değerini 1.075-1.524, Turk vd. (2011) fosfor oranını %0.17, potasyum oranını %2.47, kalsiyum oranını %1.52, magnezyum oranını %0.26 ve K:(Ca+Mg) değerini de 1.48, Özköse (2018) fosfor oranını %0.14-0.19, potasyum oranını %2.74-3.08, kalsiyum oranını %0.64-1.10 ve magnezyum oranını %0.50-0.52, Sayar ve Han (2023) fosfor oranını %0.25-0.26, potasyum oranını %3.07-3.27, kalsiyum

oranını %1.08-1.19, magnezyum oranını %1.21-1.41, Ca:P değerini 4.28-4.96 ve K:(Ca+Mg) değerini de 2.35-2.57 aralığında tespit etmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen bulguların, mevcut çalışma bulguları ile paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Korunga genotiplerinin Ca:P ve K:(Ca+Mg) değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Ca:P değeri açısından genotipler, yıllar ve yıl x genotip interaksyonu arasında tespit edilen farklılığın, K:(Ca+Mg) değeri açısından ise sadece genotipler ile yıllar arasında tespit edilen farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. En düşük Ca:P değeri 4.78 ile Hilal, en yüksek değer ise 5.49 ile Adaklı genotiplerinden elde edilmiştir. 2017 yılında, 2018 yılına göre daha düşük Ca:P değeri elde edildiği ve genotipler ile yılların ortalaması olarak da 5.08 olarak Ca:P değeri elde edildiği belirlenmiştir. Yıl x genotip interaksyonu açısından bakıldığında, en düşük Ca:P değerinin 2017 yılında Ankara genotipinden, en yüksek Ca:P değerinin de 2018 yılında Adaklı ve Yunus genotiplerinden alındığı görülmektedir. K:(Ca+Mg) değeri açısından bakıldığında da en düşük değer Adaklı, en yüksek değer de Tarım ve Yedisu genotiplerinden alındığı görülmektedir. 2017 yılında, 2018 yılına göre daha yüksek K:(Ca+Mg) değeri elde edildiği, yıl ve genotiplerin ortalaması olarak 0.98 K:(Ca+Mg) değeri elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Korunga genotiplerinde tespit edilen Ca:P ve K:(Ca+Mg) değerleri.

Table 4. Ca:P and K:(Ca+Mg) values determined in sainfoin genotypes.

| Genotipler   | Ca:P          |               |             | K:(Ca+Mg)   |               |             |
|--|---------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|
|  | 2017          | 2018          | Ortalama    | 2017  | 2018          | Ortalama    |
| 1 Adaklı   | 4.84 b-g      | 6.15 a        | 5.49 a      | 0.94  | 0.82          | 0.88 d      |
| 2 Ankara   | 4.14 g        | 5.82 ab       | 4.98 cde    | 1.15  | 0.84          | 1.00 a-d    |
| 3 Emre   | 4.48 d-g      | 5.56 a-e      | 5.02 b-e    | 1.14  | 0.92          | 1.03 abc    |
| 4 Fatih  | 4.60 c-g      | 5.59 a-e      | 5.10 a-e    | 1.06  | 0.85          | 0.95 a-d    |
| 5 Genç   | 4.97 b-g      | 5.59 a-e      | 5.28 abc    | 0.91  | 0.91          | 0.91 cd     |
| 6 Hilal  | 4.60 c-g      | 4.96 b-g      | 4.78 e      | 1.10  | 1.03          | 1.06 ab     |
| 7 Koç 1461   | 4.46 efg      | 5.18 a-g      | 4.82 de     | 1.07  | 0.94          | 1.00 a-d    |
| 8 Lütfibey   | 4.60 c-g      | 5.65 abc      | 5.12 a-e    | 1.03  | 0.88          | 0.96 a-d    |
| 9 Mehmetalibey   | 4.81 b-g      | 5.31 a-f      | 5.06 b-e    | 1.07  | 0.89          | 0.98 a-d    |
| 10 Peschanyj 1251  | 4.80 b-g      | 5.61 a-d      | 5.20 a-d    | 0.92  | 0.88          | 0.90 cd     |
| 11 Tarım   | 4.53 c-g      | 5.33 a-f      | 4.93 cde    | 1.18  | 0.97          | 1.07 a      |
| 12 Yedisu  | 4.19 fg       | 5.50 a-e      | 4.85 de     | 1.22  | 0.92          | 1.07 a      |
| 13 Yunus   | 4.53 c-g      | 6.27 a        | 5.40 ab     | 1.11  | 0.77          | 0.94 bcd    |
| <b>Ortalama</b>  | <b>4.58 B</b> | <b>5.58 A</b> | <b>5.08</b> | <b>1.07 A</b>   | <b>0.89 B</b> | <b>0.98</b> |
| CV (%): 7.07, P değeri (genotip): 0.0223, P değeri (yıl): 0.0001, P değeri (genotip x yıl): 0.0336 |               |               |             | CV (%): 11.27, P değeri (genotip): 0.0374, P değeri (yıl): 0.0001, P değeri (genotip x yıl): 0.2176 |               |             |

\* Aynı satır ve sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel önemsizdir. P: Önem düzeyi, CV: Varyasyon katsayısı

Ca:P değerinin kalsiyum ile K:(Ca+Mg) değerinin ise potasyum ile doğru bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Yani kalsiyumun yüksek olarak elde edildiği yıllarda Ca:P değerinin de yüksek, potasyumun yüksek olarak elde edildiği yıllarda da K:(Ca+Mg) değerinin yüksek olarak elde edildiği görülmektedir. Dolayısıyla Ca:P değeri üzerine kalsiyumun, K:(Ca+Mg) değeri üzerinde de potasyumun daha belirleyici olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2, Çizelge 3, Çizelge 4).

Mevcut çalışmada Ca:P değeri 4.78-5.49 ve K:(Ca+Mg) değeri ise 0.88-1.07 arasında değişim göstermiştir. Hayvan sağlığı açısından bitkilerde bulunan elementler arasındaki denge oldukça önemlidir. Genel olarak Ca:P değeri 2:1 civarında olmalıdır (Açıkgöz, 2001). Yem bitkilerinde Ca:P değerinin 2:1'den yüksek olması durumunda hayvanlarda süt humması hastalığı ortaya çıkabilmektedir (Gülümser vd., 2017). Ancak hayvanlar yeterince D vitamini almaları durumunda, Ca:P değeri 7:1 civarında olması durumunda bile bu hastalık tolere edilmektedir (Barnes vd., 1990; Buxton ve Fales, 1994). Araştırmada Ca:P değerinin 2:1'in üzerinde, ancak 7:1 sınırının altında olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu oran hayvanların yeterince D



vitamini almaları durumunda problem teşkil etmeyeceğini göstermektedir. Yem bitkilerinde K:(Ca+Mg) değerinin 2.2'den daha düşük olması tavsiye edilmektedir (Kidambi vd., 1989). K:(Ca+Mg) değerinin 2.2'den yüksek olması durumunda hayvanlarda çayır tetanisi hastalığı riski ortaya çıkmaktadır (Gülümser vd., 2017). Araştırmada elde edilen K:(Ca+Mg) değerinin 2.2'den düşük olduğu, dolayısıyla çayır tetanisi riski olmadığı görülmektedir.

Korunga genotiplerinin P, K, Ca, Mg, Ca:P ve K:(Ca+Mg) oranları arasındaki ilişki korelasyon analizi ile belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5.** Korunga genotiplerinde incelenen elementler arasındaki korelasyon katsayıları (r)\*\*

Table 5. Table 4. Correlation coefficients between elements analyzed in sainfoin genotypes (r)\*\*

| Elementler | K        | Ca      | Mg       | Ca:P      | K:(Ca+Mg) |
|------------|----------|---------|----------|-----------|-----------|
| P          | 0,8778** | -0,2181 | -0,1245  | -0,7505** | 0,8325**  |
| K          |          | -0,0183 | 0,0572   | -0,5404** | 0,8323**  |
| Ca         |          |         | 0,8608** | 0,8015**  | -0,5617** |
| Mg         |          |         |          | 0,6696**  | -0,4342** |
| Ca:P       |          |         |          |           | -0,8738** |

\*\* P≤0.01 düzeyinde önemli

İki yılın ortalaması olarak, korunga genotiplerinin Ca ve P, Ca ve K, Mg ve P, Mg ve K dışında incelenen tüm özellikler arasındaki ilişkinin çok önemli düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. P ve K, Ca ve Mg, Ca ve Ca:P, Mg ve Ca:P, P ve K:(Ca+Mg) ve K ve K:(Ca+Mg) oranları arasında pozitif ve çok önemli (P≤0.01) düzeyde bir korelasyon olduğu görülmüştür. P ve Ca:P, K ve Ca:P, Ca ve K:(Ca+Mg), Mg ve K:(Ca+Mg), Ca:P ve K:(Ca+Mg) oranları arasında da negatif ve çok önemli (P≤0.01) düzeyde bir korelasyon olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Korunga genotiplerinin incelenen özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi, Çizelge 2, Çizelge 3 ve Çizelge 4'te verilen sonuçları anlamlı kılmaktadır. Çizelge 2'de P ve K oranları ile Çizelge 3'te Ca ve Mg oranları arasında ters bir ilişki olduğu görülmektedir. P ve K oranlarının yüksek olarak elde edildiği birinci yılda Ca ve Mg oranlarının düşük, P ve K oranlarının düşük olarak elde edildiği ikinci yılda ise Ca ve Mg oranlarının en yüksek değerlerini verdiği görülmektedir. Bu durum Çizelge 5'te görüldüğü üzere P ve K oranlarının kendi aralarındaki pozitif ve anlamlı, P ve Ca, K ve Ca ile P ve Mg oranlarının kendi aralarındaki negatif ilişkiden kaynaklanmaktadır. Benzer bir durum Ca:P ve K:(Ca+Mg) oranları arasında da olduğu görülmektedir. Çizelge 4'te görüldüğü üzere Ca:P oranının yüksek değerlerini verdiği ikinci yılda K:(Ca+Mg) oranlarının düşük, Ca:P oranının düşük değerini verdiği birinci yılda ise K:(Ca+Mg) oranının yüksek olarak elde edildiği görülmektedir. Bu durum da Çizelge 5'te verilen ve Ca:P ile K:(Ca+Mg) arasındaki anlamlı ve negatif korelasyondan kaynaklanmaktadır.

## SONUÇ

Bingöl ilinde yetiştirilen bazı korunga genotiplerinin fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranlarının incelendiği bu çalışmada, genel olarak korunga genotiplerinin sahip oldukları potasyum oranının düşük, fosfor, kalsiyum ve magnezyum oranlarının ise yeterli düzeyde ve ön görülen sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. En yüksek fosfor oranı Yedisu ve Koç genotiplerinden elde edilmiştir. Potasyum, kalsiyum ve magnezyum açısından genotipler arasında herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Genel olarak genotiplerin içerdikleri K:(Ca+Mg) değerleri sınır değerlerin altında, ancak Ca:P değerinin ise beklenen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Yıllar açısından bakıldığında genotiplerin birinci yıl daha yüksek fosfor, potasyum ve K:(Ca+Mg) değerleri, ikinci yıl ise daha yüksek kalsiyum, magnezyum ve Ca:P değerleri verdiği görülmüştür. Sonuç olarak incelenen özellikler açısından korunga genotiplerinin potasyum oranlarının düşük, Ca:P değerlerinin yüksek, diğer değerler açısından ise ideal değerlere sahip olduğu görülmüştür. Korunga genotiplerinde Ca:P değerinden kaynaklanan dengesizliğin de hayvanların yeteri kadar D vitamini almaları durumunda bir sorun teşkil etmeyeceği ön görülmektedir.

**ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazar(lar) bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**YAZAR KATKISI**

EÇ makaleyi tasarlayıp ve denemeyi kurmuştur. KK verileri toplayıp, analizleri yapmıştır. Makale ortak yazılmıştır.

**KAYNAKLAR**




- Açıkgöz, E. (2001). *Yem bitkileri*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, s. 41-66, Bursa.
- Açıkgöz, E. (2013). *Yem bitkileri yetiştiriciliği*. Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları No:8, s.31, Bursa.
- Aksu Elmalı, D., & Kaya, İ. (2012). The effects of different harvesting time on nutrient content of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) and Vetch (*Vicia sativa* L.). *Journal of Lalahan Livestock Research Institute*, 52(2), 39-45.
- Aktaş, M. & Ateş, A. (1998). *Bitkilerde beslenme bozuklukları nedenleri tanınmaları*. Nurol Matbaacılık A.Ş. Ostim-Ankara.
- Anonim, (2001). *Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, yonca türleri (Medicago L. species)*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>, [Erişim Tarihi: 09.11.2023].
- Basbag, M., Sayar, M. S., & Cacan, E. (2023). The effect of different cutting times on the macro mineral content of alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 77(1), 20-28.
- Barnes, T. G., Varner, L. W., Blankenship, L. H., Fillinger, T. J., & Heineman, S. C. (1990). Macro and trace mineral content of selected South Texas deer forages. *Journal of Range Management*, 43, 220-223.
- Buxton, D. R., & Fales, S. L. (1994). Plant environment and quality. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*, 155-199.
- Çaçan, E., Kökten, K., & Koç, A. (2023). Determination of high yield and quality sainfoin genotypes (*Onobrychis viciifolia* Scop.) for the Bingöl province of Turkey. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(3), 619-628. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1084441>
- Çeçen, S., Öten, M., & Erdurmuş, C. (2015). Collection and determination of morphological traits of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) populations from Antalya natural flora. *Derim*, 32(1), 63-70. <https://doi.org/10.16882/derim.2015.49251>
- Çepel, N. (1996). *Toprak ilmi*. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, İstanbul.
- EKiz, H., Altınok, S., Sancak, C., Sevimay, C. S., & Kendir, H. (2011). *Tarla bitkileri (V. Yem bitkileri çayır ve mera)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Erkovan, H. İ., & Tan, M. (2009). The determination of seed and hay yield and some characteristics of sainfoin under dry and irrigation condition. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 2(1), 61-70.
- Ertuş, M. M., Sabancı, C. O., & Zorer Çelebi, Ş. (2012). Determination of some characteristics of sainfoin (*Onobrychis sativa*) Landraces Grown in Van province. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 165-172.
- Geçer, M.K. & Yılmaz, H. (2011). Van ekolojik koşullarında üretilen çilek fidelerinin meyve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 15-22.
- Gülümsen, E., Mut, H., Doğrusöz, M. Ç., & Başaran, U. (2017). Baklagil yem bitkisi tahıl karışımların ot kalitesi üzerinde tohum oranlarının etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(3), 43-51. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2017.33>
- JMP, (2018). *Statistical Discovery from SAS*, USA.
- Kacar, B. (2005). Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 3-4 Ekim 2005, Eskişehir.
- Kacar, B. & Katkat, V. (2010). *Bitki besleme*. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.
- Kidambi, S. P., Matches, A. G., & Griggs, T. C. (1989). Variability for Ca, Mg, K, Cu, Zn and K/(Ca+Mg) ratio among 3 wheat grasses and sainfoin on the southern high plains. *Journal of Range Management*, 42, 316-322.
- Koç, A., & Akdeniz, H. (2017). Preliminary investigations on the yield and some agricultural properties of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) species of breed in Gözlü and Altınova agricultural establishments. *KSU Journal of Natural Science*, 20(special issue), 6-12. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.348837>
- Kutlu, H. R., Görgülü, M., & Baykal Çelik, L. (2005). *Genel hayvan besleme*. Çukurova Üniversitesi ZM-208 Ders Notu, Adana.
- Lambers, H., Cramer, M.D., Shane, M.W., Wouterlood, M., Poot, P. & Veneklass, E.J. (2003). Structure and functioning of cluster roots and plant responses to phosphate deficiency. *Plant and Soil*, 248, 9-19.
- Manga, İ., Acar, Z., & Ayan, İ. (2003). *Baklagil yem bitkileri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:7, s.143, Samsun.
- Miller, D.A. & Reetz, H.F. (1995). *Forage fertilization*. "Ed. Barnes, R.F., Miller, D.A. & Nelson, C.J. Forages. Volume I: An Introduction to Grassland Agriculture. (Fifth Edition)." Iowa State University Press, p: 77-79, Iowa, USA.

- Muller, L. D. (2023). Dietary Minerals for Dairy Cows on Pasture. <https://extension.psu.edu/dietary-minerals-for-dairy-cows-on-pasture>, [Erişim tarihi: 09.11.2023].
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. & Kaptan, H. (2001). *Toprak bilimi*. 5. Baskı, ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A-16, Adana.
- Ozkan, C.O., Atalay, A.I., Kurt, O. & Kamalak, A. (2016). Effect of species on macro and micro mineral composition of oak leaves with respect to sheep requirements. *Livestock Research for Rural Development*, 28(6), 2016.
- Özyazıcı, M.A. & Açıkbay, S. (2020). Sorgum x sudanotu melezi ve sudanotu çeşitlerinde hasat zamanının makro besin maddeleri konsantrasyonlarına etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 47-58.
- Parlak Özaslan, A., Gökkuş, A., Samıkıran, E., & Şenol, M. Y. (2014). Investigation of morphological and agronomic characteristics of some wild sainfoin species. *COMU Journal of Agriculture Faculty*, 2(2), 111-117.
- Plaster, E.J. (1992). *Soil science and management*. 2nd Edition, Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.
- Sayar, M. S., & Han, Y. (2023). The effect of seasonal variation on macromineral contents of sainfoin genotypes and assessments with biplot analysis. *Progress in Nutrition*, 25(1), 1-13. <https://doi.org/10.23751/pn.v25i1.13776>
- Sezen, Y. (1995). *Gübreler ve gübreleme*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 303, Erzurum.
- Soya, H., Avcıoğlu, R., & Geren, H. (2004). *Yem bitkileri*. Hasat Yayıncılık, İstanbul, 131 s.
- Orak, A., Ateş, E., & Varol, F. (2004). Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.)'nin farklı gelişme dönemlerindeki bazı morfolojik ve tarımsal özellikleri ile besin içeriği ilişkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(4), 410-415.
- Özköse, A. (2018). Effects of location x cultivars interaction on crude protein and mineral contents in sainfoin. *Journal of International Environmental Application and Science*, 13(1), 20-26.
- Tan, M., & Sancak, C. (2009). *Korunga (Onobrychis viciifolia Scop.)*. Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., & Karadağ, Y. (Ed.). *Baklagil yem bitkileri Cilt II*. Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir.
- Türk, M., & Çelik, N. (2005). Studies on effects of different row spacings and seeding rates on the seed yield of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.). *Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 15(2), 43-57.
- Turk, M., Albayrak, S., Tuzun, C. G., & Yuksel, O. (2011). Effects of fertilisation and harvesting stages on forage yield and quality of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(6), 789-794.
- Vuckovic, S., Stojanovic, I., Prodanovic, S., Cupina, B., Zivanovic, T., Vojin, S., & Jelacic, S. (2006). Nutritional properties of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) autochthonous populations in Serbia and B&H. *Cereal Research Communications*, 34, 829-832.



## Tavuk Gübresi Kullanım Potansiyeli Açısından Kokteyl Domates Yetiştiriciliği

### Potential of Poultry Manure Use in Cocktail Tomato Growing

Ahmet Şafak Maltaş<sup>1</sup> , Sümeyye Güzel<sup>2</sup> , Mustafa Kaplan<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 13.02.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 09.04.2023

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Bu çalışmada küçük meyve yapısına sahip kokteyl tipi domateste tavuk gübresinin kullanım olanakları araştırılmıştır. Tavuk gübresinin toprak organik maddesi, toprak EC değeri, toplam azot, değişebilir magnezyum, alınabilir çinko ve mangan kapsamlarını artırdığı, bakır içeriğini ise düşürdüğü belirlenmiştir. Yapraklarda bulunan azot ve demir kapsamı tavuk gübresi uygulamalarına bağlı artarken, bakır azalmıştır. Kokteyl domates meyvelerinin mineral kapsamı değerlendirildiğinde tavuk gübresi uygulamalarının potasyum, kalsiyum, demir, mangan, çinko ve bakır kapsamını artırdığı tespit edilmiştir. Meyve verimi ve kalitesi incelendiğinde meyve asitliği, bitki başına meyve sayısı, bitki başına verim ve ortalama meyve çapı U2 (1200 kg da<sup>-1</sup> tavuk gübresi+kimyasal gübre) uygulamasında en yüksek değeri almıştır. U2 uygulaması bitki başına verimi kontrol uygulamasına göre %17.6 artırmıştır. Bu verim (1260 kg da<sup>-1</sup>) artışı üretici geliri açısından oldukça önemlidir. Kokteyl domates tuza daha dayanıklı olduğundan dolayı özellikle uygun mevsim ve fertigasyon EC'si kullanıldığında tavuk gübresi kullanımından olumsuz etkilenmeden U2 uygulaması ile en yüksek verimin alınması dikkat çekicidir. Verim artışına ek olarak pek çok meyve kalite kriteri de tavuk gübresi uygulamaları ile korunmuş veya artmıştır. Tavuk gübresinin kokteyl domates dışında küçük meyve yapısına sahip diğer meyve ve sebzelerde de etkileri araştırılmalıdır. Bunun yanı sıra tarımda kullanıldığında yüksek tuzluluğundan dolayı, olumsuz etkilere sahip olan başta diğer kanatlı gübreleri olmak üzere mantar kompostu gibi organik gübrelerin, yine küçük meyve yapısına sahip bitkilerde kullanım olanakları araştırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Tuzluluk, örtüaltı, domates verimi, domates kalitesi

&

**Abstract:** In this study, the possibilities of using poultry manure in cocktail-type tomatoes with a small fruit structure were investigated. It was determined that poultry manure increased soil organic matter, soil EC value, total nitrogen, exchangeable magnesium, available zinc, and manganese contents, and decreased copper content. While nitrogen content and iron content in leaves increased due to poultry manure applications, copper decreased. When the mineral content of cocktail tomato fruits was evaluated, it was determined that poultry manure applications increased the content of potassium, calcium, iron, manganese, zinc, and copper. When fruit yield and quality were examined, fruit acidity, number of fruit per plant, yield per plant, and average fruit diameter were highest in U2 (1200 kg da<sup>-1</sup> poultry manure+chemical fertilizer) application. U2 application increased the yield per plant by 17.6% compared to the control application. This increase in yield (1260 kg da<sup>-1</sup>) is very important in terms of producer income. Since the cocktail tomato is more resistant to salt, it is remarkable that the highest yield is obtained with the U2 application, without being adversely affected by the use of poultry manure, especially when the appropriate season and fertigation EC are used. In addition to the increase in yield, many fruit quality criteria have been preserved or increased with poultry manure applications. The effects of poultry manure on other fruits and vegetables with small fruit structures besides cocktail tomatoes should be investigated. In addition, the possibility of using organic fertilizers such as mushroom compost, especially other poultry manures, which have negative effects due to their high salinity when used in agriculture, should be investigated in plants with small fruit structures.

**Keywords:** Salinity, greenhouse, tomato yield, tomato quality

**Atıf/Cite as:** Maltaş, A. Ş., Güzel, S., & Kaplan, M. (2024). Tavuk Gübresi Kullanım Potansiyeli Açısından Kokteyl Domates Yetiştiriciliği. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 165-172. doi: 10.24180/ijaws.1250560

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr. Ahmet Şafak Maltaş, Akdeniz Üniversitesi, Finike MYO, Bahçe Tarımı Programı, ahmetsafak@akdeniz.edu.tr (Sorumlu Yazar)

<sup>2</sup> Ziraat Mühendisi Sümeyye Güzel, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, smyeguzel@gmail

<sup>3</sup> Prof. Dr. Mustafa Kaplan, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, mkaplan@akdeniz.edu.tr

## GİRİŞ

Türkiye %6.9'luk pay ile Dünya domates üretiminde Çin ve Hindistan'dan sonra 3. sırada yer almaktadır. Türkiye'de yaklaşık 32 milyon ton sebze üretilmekte ve bu sebze üretiminde 13.09 milyon ton üretim miktarı ile domates ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2021). Domates üretiminde katı ve sıvı organik gübre kullanımı verim ve kaliteyi etkileyen önemli unsurlardan biridir. Bu nedenle de her geçen gün farklı özelliklere sahip organik gübreler bitkisel üretimde kullanılmaktadır (Kalkan vd., 2017). Ülkemizde yaklaşık 5.5 milyon ton/yıl üretimi bulunan ve her geçen gün üretimi artan ve depolama sorunu bulunan tavuk gübresi tarımsal üretimdeki organik gübre ihtiyacının karşılanmasında önemli alternatiflerden birisidir (Kaplan ve Maltaş, 2016). Ancak tavuk gübresinin bitkisel üretimde doğru şekilde kullanılmaması, bazı sorunlara yol açabilmektedir. Tavuk gübresinin yüksek tuz içeriği kullanımını azaltan en önemli unsurlardan birisidir (Korkmaz vd., 1996). Domates bitkisi ile yapılan bazı çalışmalarda özellikle tanelik domates ile kurulan denemelerde, tavuk gübresinin tuzluluğuna bağlı olarak meyve veriminin ve kalitesinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (Sönmez vd., 2019; Ata ve Kaplan, 2020). Ancak tuzluluğun bitki gelişimi ve meyve verimine olan etkisinin iklim, sulama suyunun tuz içeriği, genotip ve üretim teknikleri (Maggio vd., 2004; Reina Sanchez vd., 2005) gibi faktörlere göre farklılık gösterdiği de kabul edilmektedir. Nitekim literatür araştırmalarında kokteyl domates gibi küçük meyveli bitkilerin büyük meyveli olanlara oranla tuza dayanımının daha yüksek olduğu pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Romero-Aranda vd., 2001; Silva vd., 2021).

Literatür taramalarında tanelik domates üretiminde tavuk gübresi kullanım olanakları ile ilgili pek çok çalışma olmasına karşın; literatürdeki küçük domateslerin özellikle tavuk gübresinin tuzluluğundan dolayı kullanım sorunlarının yaşanıp yaşanmayacağı bilgilerini değerlendiren çalışmaların yeterince olmadığı gözlemlenmiştir. Bu amaçla tavuk gübresinin kullanılması durumunda sorun olarak görülen tuzluluk probleminin, doğru yönetilmesi durumunda sorun olmayabileceği gibi, yüksek tuzluluğun kalite için yararlı hale gelebileceği koşulların oluşturulabileceği ihtimali söz konusudur. Bu kapsamda domates üretiminde tuz hassasiyetinin yüksek olduğu fide döneminin, düşük mineralizasyon hızı olacak şekilde soğuk dönemde başlatılıp ve tuzluluktan az etkilenen bitki tür veya çeşitlerinin seçilmesi (kokteyl ve cherry domates) ile tavuk gübresinin kullanım olanağını artırabileceği düşünülebilir.

Bu çalışma sofralık domateslere oranla küçük meyveye sahip kokteyl domates çeşidinde bitki gelişimi, meyve verimi ve kalitesi üzerine tavuk gübresinin kullanım potansiyelini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Çalışma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama arazisindeki 1 Nolu (Aksu) serasında yürütülmüştür. Araştırmanın yapıldığı seranın toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

### Çizelge 1. Deneme toprağının bazı özellikleri.

Table 1. Some properties of the trial soil.

| Toprak özelliği         | Analiz sonucu | Toprak özelliği                                 | Analiz sonucu |
|-------------------------|---------------|---|---------------|
| Organik madde (%)       | 2.43          | Değişebilir potasyum (me 100 g <sup>-1</sup> )  | 1.46          |
| Kireç (%)               | 17.2          | Değişebilir kalsiyum (me 100 g <sup>-1</sup> )  | 21.30         |
| pH                      | 7.42          | Değişebilir Magnezyum (me 100 g <sup>-1</sup> ) | 3.88          |
| EC (dS/m)               | 0.42          | Alınabilir demir (ppm)                          | 4.73          |
| Tekstür                 | Killi tın     | Alınabilir mangan (ppm)                         | 10.7          |
| Toplam azot (%)         | 0.15          | Alınabilir çinko (ppm)                          | 9.24          |
| Alınabilir Fosfor (ppm) | 236.5         | Alınabilir bakır (ppm)                          | 6.8           |

Çalışmada çalışma konusunun amacına uygun olacak şekilde küçük meyve yapısına sahip kokteyl domates çeşidi olan Erika F1 çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılan tavuk gübresinin içeriği Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Denemede kullanılan tavuk gübresinin bazı özellikleri.

*Table 2. Some properties of poultry manure used in the experiment.*

| Kriter                   | Analiz sonucu |
|--------------------------|---------------|
| pH                       | 6-8           |
| Toplam organik madde (%) | 55            |
| Organik azot (%)         | 1             |
| Toplam azot (%)          | 2             |
| Toplam fosfor (%)        | 3             |

Araştırma, kimyasal gübre (kontrol), U1: 600 kg da<sup>-1</sup> tavuk gübresi+kimyasal gübre ve U2: 1200 kg da<sup>-1</sup> tavuk gübresi+kimyasal gübre olacak şekilde 3 konu ve 3 tekerrürlü olacak şekilde tesadüf parselleri deneme deseni şeklinde yürütülmüştür. Kimyasal gübreleme amacıyla Amonyum sülfat, MAP, potasyum nitrat, kalsiyum nitrat ve magnezyum sülfat gübreleri kullanılmıştır. Tavuk gübresi uygulamaları fide dikiminden 15 gün önce yapılmış ve toprak ile karıştırılmıştır. Sıra arası 0.40 m ve sıra üzeri 0.90 m olacak şekilde her parsele 12 adet kokteyl domates fidesi 3 Şubat 2016 tarihinde dikilmiştir. Deneme sırasında çekilmiş olan bazı görseller Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Deneme ile ilgili bazı görseller.

*Figure 1. Some images of the experiment.*

Çalışmada meyve ve yaprak örnekleri laboratuvara getirilmiş ve saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra yaprak örnekleri ve meyve örnekleri (dilimlenerek) 65 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa geldikten sonra, öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Bitki analizleri için ise domates yaprak örneklerinde toplam N modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Ayrıca, P,

K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri için bitki örnekleri yaş yakılıp ICP-OES cihazında okunmuştur (Kacar ve İnal, 2008). Toprak örneklerinde pH (Jackson, 1967), kireç (Evliya, 1964), elektriksel iletkenlik (Bower ve Wilcox, 1965), tekstür (Bouyoucos, 1955), organik madde (Black, 1965), toplam N (Black, 1957), alınabilir P (Olsen ve Sommer, 1982), değişebilir K, Ca ve Mg (Kacar, 1972) ve alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn analizleri (Lindsay ve Norwell, 1978) yapılmıştır. Domates meyvelerinde ortalama meyve çapı, bitki başına meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, bitki başına verim değerleri tespit edilmiştir. Meyvelerin C vitamini içeriği (Cemeroğlu vd., 2007), renk (McGuire, 1992), suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) (Karaçalı, 2009) miktarı, titre edilebilir asit (TEA) (Karaçalı, 2009) değeri ve meyve suyu pH'sı belirlenmiştir. Meyve eti sertliği 3mm'lik bir uç çapına sahip el penetromesi yardımıyla meyve ekvator bölgesinden üç farklı noktadan ölçülmüştür.

Elde edilen veriler SPSS 17.0 paket programında varyans analizi yapılarak Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### *Uygulamaların Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi*

Uygulamaların toprak özellikleri üzerine olan etkisi Çizelge 3'de verilmiştir. Uygulamaların etkileri incelendiğinde tavuk gübresi uygulamalarının toprak organik maddesi, toprak EC değeri, toplam azot, değişebilir magnezyum, alınabilir çinko ve mangan kapsamını artırdığı belirlenmiştir. Alınabilir bakır kapsamı incelendiğinde ise kontrol ve U1 uygulamalarına oranla U2 uygulamasında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Tavuk gübresi uygulamalarının toprak özellikleri üzerine etkisi.

*Table 3. The effect of poultry manure applications on soil properties.*

| Uygulamalar | Organik madde | EC                 | pH   | N     | P      | K                      | Ca                     | Mg                     | Fe   | Mn     | Zn     | Cu     |
|-------------|---------------|--------------------|------|-------|--------|------------------------|------------------------|------------------------|------|--------|--------|--------|
|             | %             | dS m <sup>-1</sup> |      | %     | ppm    | me 100 g <sup>-1</sup> | me 100 g <sup>-1</sup> | me 100 g <sup>-1</sup> | ppm  | ppm    | ppm    | ppm    |
| Kontrol     | 2.2b          | 0.53c              | 7.39 | 0.12b | 223.04 | 1.71                   | 21.71                  | 3.57b                  | 2.73 | 14.62c | 10.38b | 10.44a |
| U1          | 3.0a          | 0.64b              | 7.44 | 0.20a | 228.14 | 1.88                   | 21.99                  | 3.62b                  | 2.96 | 18.21a | 10.58b | 10.72a |
| U2          | 3.1a          | 0.74a              | 7.42 | 0.21a | 219.59 | 2.51                   | 27.50                  | 4.60a                  | 2.46 | 16.09b | 12.32a | 9.99b  |

\* Sütunlardaki farklı harfler, uygulama ortalamaları arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (P < 0.05).

Toprak EC değeri incelendiğinde tavuk gübresi uygulamalarının her iki dozu da toprak EC değerinde artış sağlamıştır. Benzer sonuçlar literatürde pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiş (Tavali vd., 2014) ve bu EC artışına bağlı olarak verimin azaldığı belirlenmiştir (Ata ve Kaplan, 2020; Sönmez vd., 2019). Bu çalışmada ise kontrole oranla U1 uygulamasında verimin düştüğü gözlemlense de U2 uygulamasında diğer iki uygulamaya göre meyve veriminin arttığı belirlenmiştir. Nitekim tuzlu koşullarda iri meyveli çeşitlerde verim kaybı küçük meyvelilerden daha fazla olabilmektedir (Fernández-Muñoz vd., 1999). Kara ve Erel (1999), yulaf bitkisi üzerine yaptıkları çalışmada artan tavuk gübresi dozlarına bağlı olarak, toprakta alınabilir Zn içeriğinin arttığını bulmuşlardır. Ewulo ve Sanni (2015), tarafından tavuk gübresi kullanılarak yürütülen bir çalışmada toprakların değişebilir Ca düzeyinde istatistiksel açıdan farklılığın olmadığı tespit edilmiştir.

### *Uygulamaların Bitki Beslenmesi Üzerine Etkileri*

Uygulamaların yaprak besin kapsamı üzerine olan etkisi Çizelge 4'de verilmiştir. Uygulamaların etkileri incelendiğinde tavuk gübresinin yaprak azot kapsamını ve demir kapsamını uygulama dozu ile doğru orantılı olacak şekilde artırdığı belirlenmiştir. Yaprakta bulunan mangan ve çinko beslenmesi bakımından kontrol ve U2 uygulamaları en iyi beslenmeyi sağlarken, yapraklardaki bakır kapsamı uygulamaların etkisi ile azalmıştır (Çizelge 4).

Tavuk gübresi uygulamalarının domates yapraklarında bulunan P, Ca, Mg elementleri üzerine etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Ata ve Kaplan, 2020). Organik gübre uygulamasının kabak bitkisinin yapraklarında bulunan Mn miktarını artırdığı, Fe, Zn ve Cu miktarını etkilemediği (Tavali vd., 2014), kırmızı başlahananın yapraklarında bulunan Cu elementi hariç diğer mikro elementleri farklı düzeylerde etkilediği bildirilmiştir (Maltaş vd., 2017).

**Çizelge 4.** Uygulamaların kokteyl domates bitkisinin yaprak besin içeriği üzerine etkileri.

Table 4. The effects of the applications on the leaf nutrient content of the cocktail tomato plant.

| Uygulamalar | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) | Fe (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Cu (ppm) |
|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| Kontrol     | 2.64b | 0.25  | 4.60  | 5.14   | 0.42   | 77.24b   | 13.68a   | 13.68a   | 9.42a    |
| U1          | 3.08a | 0.23  | 4.32  | 5.18   | 0.41   | 80.20a   | 9.83b    | 9.83b    | 8.69b    |
| U2          | 3.18a | 0.22  | 4.17  | 5.47   | 0.48   | 99.54a   | 15.02a   | 15.02a   | 7.18b    |

\* Sütunlardaki farklı harfler, uygulama ortalamaları arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (P &lt; 0.05).

**Uygulamaların Meyve Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkileri**

Uygulamaların meyve besin içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 5'de verilmiştir. Uygulamaların etkileri incelendiğinde tavuk gübresi uygulamalarının meyve potasyum, kalsiyum demir, mangan, çinko ve bakır kapsamını artırdığı belirlenmiştir. Tavuk gübresi uygulamaları kokteyl domates meyvesinin bitki besin elementi kapsamını büyük ölçüde artırmıştır. Özellikle U2 uygulamasındaki verim artışı da dikkate alındığında meyvelerde besin içeriğinin seyrelme etkisi ile düşmemesi dikkat çekicidir. Kokteyl domates tüketicisi tarafından genel olarak yoğun tadının olmasından dolayı tercih edilmektedir. Üreticilerden bu tip domates alan tüccarlar genellikle meyvelerin iriliğinden çok, tat testi yaparak satın almaktadırlar. Bu sebepten ötürü özellikle de kokteyl tipi domatesler toptancı hallerde iri olmaları durumunda çok fazla tercih edilmemektedirler. Buna bağlı olarak da üreticilerde yetiştirme tekniklerini (gübreleme-sulama) meyvelerin iri olmayacak şekilde uygulamaktadırlar. Ancak bu çalışmada özellikle meyve tadı ve kalite kriterleri üzerine etkisi olduğu bilinen potasyum (Kacar, 2005; Yener ve Altunbaş, 2021) konsantrasyonunun tavuk gübresi uygulamalarına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Bu durum verim artışına ek olarak meyve tadının da artırılabilceğinin işaretidir.

**Çizelge 5.** Uygulamaların kokteyl domates meyvesinin besin kapsamı üzerine etkileri.

Table 5. The effects of applications on the nutritional content of cocktail tomato fruit.

| Uygulamalar | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) | Fe (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Cu (ppm) |
|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| Kontrol     | 1.87  | 0.36  | 1.33c | 0.08b  | 0.12   | 31.71b   | 5.06c    | 11.19b   | 8.80c    |
| U1          | 2.08  | 0.40  | 2.01b | 0.09a  | 0.14   | 44.86a   | 9.77a    | 13.12a   | 29.18a   |
| U2          | 2.08  | 0.38  | 2.44a | 0.09a  | 0.13   | 47.73a   | 7.36b    | 13.05a   | 20.91b   |

\* Sütunlardaki farklı harfler, uygulama ortalamaları arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (P &lt; 0.05).

**Uygulamaların Meyve Kalitesi ve Verimi Üzerine Etkileri**

Uygulamaların meyve kalitesi ve verimi üzerine olan etkileri Çizelge 6'da verilmiştir. Uygulamaların etkileri incelendiğinde tavuk gübresi uygulamalarının ortalama meyve çapını artırdığı belirlenmiştir. Ölçülen diğer kriterlerde uygulamaların etkileri değişmekle birlikte en yüksek meyve pH değeri U1 uygulamasından elde edilmiştir. Meyve asitliği, ortalama meyve çapı, bitki başına meyve sayısı ve bitki başına verim kriterleri U2 uygulamasında en yüksek değeri almıştır. Meyvelerde SÇKM değerleri ise tavuk gübresi uygulamalarına bağlı olarak azalmıştır. U2 uygulaması bitki başına verimi U1 uygulamasına göre %20.9, kontrol uygulamasına göre ise %17.6 artırmıştır. Bitki başına meyve sayısı değeri kontrole oranla U1 uygulamasında azalmış, U2 uygulamasında artmıştır. Bu durum polen oluşumu ve kalitesini etkileyen çinko elementinin kontrole oranla U1 uygulamasında azalıp, U2 uygulamasında artması ile açıklanabilir. Verim artışına bitki başına meyve sayısı ve ortalama meyve çapındaki artışlar sebep olmuştur (Çizelge 6). Toptancı hallerde tüccarlar veya pazarcılar tarafından kokteyl domates alınırken genellikle meyve büyüklüğünün (çapının) artması sorun olarak kabul edilebilmektedir. Çünkü kokteyl domateste meyve büyüdükçe aromanın azalacağı kanısı hakimdir. Ancak, meyvelerdeki potasyum içeriğinin kontrole oranla U1 uygulamasında %51.13 ve U2 uygulamasında %83.46 artması meyve çapı artarken, aromanın korunabileceğini düşündürmektedir. Nitekim, yeterli potasyum içeren çay bahçelerinden toplanan yaş çay yapraklarından üretilen siyah ve yeşil çaylarda randıman daha yüksek olduğu gibi aroma ve renk yönünden de çayların daha kaliteli olduğu bildirilmiştir (Kacar, 2005). Tavuk gübresi uygulamaları kontrol uygulamasına göre, C vitamini içeriği de



artırmıştır. Ancak verimdeki yükselmeye bağlı seyrelme etkisi ile, C vitamini artışının istatistiksel olarak önemli çıkmadığı düşünülmektedir.

**Çizelge 6.** Uygulamaların kokteyl domates meyvesinin kalite parametreleri ve verimi üzerine etkileri.

Table 6. Effects of applications on quality parameters and yield of cocktail tomato fruit.

| Uygulamalar | pH    | Asitlik (%) | SÇKM (%) | L*    | C*    | h°    | Sertlik (N cm <sup>2</sup> ) | C vitamini (mg 100g <sup>-1</sup> ) | Ortalama meyve ağırlığı (g) | Ortalama meyve çapı (mm) | Bitki başına meyve sayısı (adet) | Bitki başına verim (kg) |
|-------------|-------|-------------|----------|-------|-------|-------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Kontrol     | 4.44b | 1.42a       | 7.23a    | 37.92 | 31.83 | 40.93 | 1.10                         | 30.27                               | 25.91                       | 37.26b                   | 98.94b                           | 2.56b                   |
| U1          | 4.53a | 1.16b       | 7.07ab   | 37.21 | 31.25 | 40.23 | 1.05                         | 30.58                               | 28.08                       | 38.14a                   | 89.00c                           | 2.49c                   |
| U2          | 4.36c | 1.45a       | 6.57b    | 37.61 | 31.10 | 40.63 | 1.10                         | 30.89                               | 27.96                       | 38.15a                   | 107.89a                          | 3.01a                   |

\* Sütunlardaki farklı harfler, uygulama ortalamaları arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (P < 0.05).

## SONUÇ

Tavuk gübresinin kullanımı kontrol uygulamasına göre toprak tuzluluğunu önemli derecede artırmıştır. Normal koşullarda pek çok araştırmada tavuk gübresi kullanımına bağlı olarak toprak tuzluluğu artışının, verimi düşürdüğü tespit edilmiş olsa da, kokteyl domates bu tuzluluk artışından olumsuz etkilenmemiştir. Tavuk gübresinin, kokteyl domates yetiştiriciliğinde, toprak tuzluluğunu artırmış olması dikkate alınarak kullanılması faydalıdır. Bu kapsamda tavuk gübresi bitki türü, toprak yapısı, uygulama dozu, uygulama dönemi, uygulama sıklığı ve uygulanacak toplam kimyasal gübre miktarları da dikkate alınarak kullanılmalıdır. Çalışmada kokteyl domatesin dikim sıklığı dikkate alındığında dekara yaklaşık 2800 bitki dikilmiştir. Kontrol uygulamasına göre U2 uygulaması dekar başına verimi 1260 kg artırmıştır. Bu verim artışı üretici açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda kokteyl domates gibi küçük meyve yapısına sahip kısmen tuzluluktan daha az etkilenen meyveler ile daha yüksek EC'de fertigasyon uygulamalarının veya daha yüksek düzeyde tavuk gübresi uygulamalarının etkileri de araştırılabilir. Ayrıca tavuk gübresinin kullanım olanakları küçük meyve yapısına sahip diğer sebze-meyvelerde de araştırılmalıdır. Bunun yanı sıra tarımda yüksek tuzluluğundan dolayı kullanımında olumsuz etkilere sahip olan başta diğer kanatlı gübreleri olmak üzere mantar kompostu gibi organik gübrelerin yine küçük meyve yapısına sahip bitkilerde kullanım olanakları araştırılmalıdır. Elde edilecek bilgi ve tecrübe toplamı bu gübrelerin kullanımına karşı var olan kaygıların giderilmesinde yararlı olabilecek ve bu gübrelerin kullanım potansiyelini artırabilecektir. Böylece bir atık olarak görülen bu tür organik madde miktarı yüksek hayvan gübrelerinin tarımda girdi olarak kullanılması çevre ve biyolojik döngü açısından da önem arz etmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

M. KAPLAN ve A. Ş. MALTAŞ çalışmayı planlamıştır. A. Ş. MALTAŞ ve S. GÜZEL denemeyi kurmuş ve verileri toplamıştır. M. KAPLAN ve A. Ş. MALTAŞ makaleyi yazmıştır.

## KAYNAKLAR

- Ata, N., & Kaplan, M. (2020). Tavuk gübresi ve fertigasyon EC'lerinin örtüaltı baharlık domates (*Solanum lycopersicum*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3), 425-431. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.816624>
- Black, C. A., (1957). *Soil-plant relationships*. John Wiley and Sons, Inc., Newyork.
- Black, C. A., (1965). *Methods of soil analysis Part 2*. Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin.
- Bouyoucos, G. J. (1955). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal*, 4(9), 434.
- Bower, C. A., & Wilcox, L. L. (1965). *Soluble salt methods of soil analysis, Methods of soil analysis Part 2*, Am. Soc. Agron., No: 9, Madison, pp: 933-940, Wilconsin.

- Cemeroğlu, B., Yemencioğlu, A., & Özhan, M. (2007). *Gıda analizleri*. Bizim Grup Basımevi, s. 45-84, Ankara.
- Evliya, H. (1964). *Kültür Bitkilerinin Beslenmesi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 36, 292-294.
- Ewulo, B. S., & Sanni, K. O. (2015). Effects of poultry manure, NPK 15-15-15 fertilizer and their combination on vegetative growth and yield parameter of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. mill.). *New York Science Journal*, 8(4), 70-75.
- FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Erişim Tarihi: 21.02.2023].
- Fernández-Muñoz, R., Gragera, J., Rodríguez, M. C., Espárrago, G., González, J. A., Báguena, M., & Cuartero, J. (1999). Guadajira' and Gevora': Open pollinated, processing tomato cultivars resistant to root-knot nematodes and *Fusarium* Wilt. *Horticulture Science*, 34(2), 356-357.
- Jackson, M. C. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Kacar, B. (1972). *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II*. Bitki Analizleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları: 453, Ders Kitabı, Ankara.
- Kacar, B. (2005). *Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri*. Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı, Türkiye, Ekim 3-4)..
- Kacar, B., İnal, A. (2008). *Bitki analizleri*. Nobel Yayınları, Yayın no:1241, Ankara.
- Kalkan, H., Gözükar, G., & Kaplan, M. (2017). Sera güzlük domates yetiştiriciliğinde yeni eğilim: Sıvı organik gübre tüketimi. *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(3), 92-100.
- Kaplan, M., Maltaş A. Ş. (2016). *Tavuk atıklarının gübre olarak kullanılmasında zorluklar ve fırsatlar* [Sözlü Bildiri]. 3. International Poultry Meat Congress, , April 22-26, Türkiye.
- Kara, E., & Erel, A. (1999). Tavuk gübresinin bazı toprak özelliklerine ve yulaf kuru bitki ağırlığına etkisi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 91-104.
- Karacali, I. (2009). *Storage and marketing of horticultural products* (Ege University Agriculture Faculty Publication, No. 494). Bornova: Ege University.
- Korkmaz, A, Sürücü, A., & Horuz, A. (1996). Sulu ham tavuk gübresinin tarımda organik gübre olarak değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Dergisi*, 11(2), 117-125.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America journal*, 42(3), 421-428.
- Maggio, A., De Pascale, S., Angelino, G., Ruggiero, C., & Barbieri, G. (2004). Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. *European Journal of Agronomy*, 21, 149-159.
- Maltaş, A. Ş., Tavalı, İ. E., Uz, İ., & Kaplan, M. (2017). Kırmızı baş lahanası (*Brassica oleracea* var. capitata F. rubra) yetiştiriciliğinde vermikompost uygulaması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 155-161.
- Mcguire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *Horticulture Science*, 27, 1254-1255.
- Olsen, S. R., & Sommers, E. L. (1982). *Phosphorus*. In: Page, A.L, Ed., *Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 404-430.
- Reina-Sanchez, A., Romero-Aranda, R., & Cuartero, J. (2005). Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. *Agricultural Water Management*, 78, 54- 66. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.021>
- Romera-Aranda, R., Soria, T., & Cuartero, J. (2001). Tomato plant-water uptake and plantwater relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160, 265-272. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00388-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00388-5)
- Silva, A. A. D., Melo, S. S., Umbelino, B. F., Sá, F. V. D. S., Dias, N. D. S., & Ferreira Neto, M. (2021). Cherry tomato production and seed vigor under irrigation with saline effluent from fish farming. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(6), 380-385. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p380-385>
- Sönmez, İ., Maltaş, A. Ş., Sarıkaya, H. Ş., Doğan, A., & Kaplan, M. (2019). Tavuk gübresi uygulamalarının domates (*Solanum lycopersicum* L.) gelişimi ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agriculture Science*, 32, 101-107.

- Tavali, İ. E., Uz, İ., & Orman, Ş. (2014). Vermikompost ve tavuk gübresinin yazlık kabağın (*Cucurbita pepo* L. cv. Sakız) verim ve kalitesi ile toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 119-124.
- Yener, H., & Altuntaş, Ö. (2021). Effects of potassium fertilization on leaf nutrient content and quality attributes of sweet cherry fruits (*Prunus avium* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(7), 946-957. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1862203>